Niveau(x) d'enseignement: 5 Numéro EDUQ : 8370813
Centre d'intérêt: 840

Labonté, Thérèse.

Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège : synthèse de recherches / Thérèse Labonté. -- [Québec] : Ministère de l'éducation, Direction de la recherche, 1982.
106 p. ; 28 cm.

Code: 28-1634. Bibliogr.: p. 97-104.

ISBN 2-550-05923-9

Cote Dewey: / Cote LC: /

Descripteur(s): *Développement de l'étudiant *Développement intellectuel *Sciences *Méthode d'enseignement *Succès scolaire *Revue de la documentation *Secondaire (Niveau) *Collégial (Niveau)

Identificateur(s) de nom: *Piaget, Jean *Ausubel, David *Rogers, Carl *Novak, J. D

Identificateur(s) de sujet: *Psychologie du développement

Prenant la forme d'une revue de la documentation, l'ouvrage se divise en deux grandes parties. La première expose la théorie du développement intellectuel de Piaget, ses implications sur le plan pédagogique, les propositions d'améliorations et les critiques qu'elle a suscitées. Cette partie présente aussi les théories d'Ausubel et de Novak, puis les compare à l'approche piagétienne. Enfin, elle aborde la question du développement de l'affectivité et de la créativité (Piaget, Rogers). La seconde partie s'intéresse aux résultats de recherche relatifs aux niveaux de développement, aux relations de ceux-ci avec le rendement des élèves en science, à l'utilisation de tests, à l'acquisition de concepts, aux techniques d'enseignement et aux programmes de sciences s'inspirant de la psychologie du développement.

La synthèse effectuée par l'auteur s'appuie sur une bibliographie d'une centaine de titres, articles et volumes de langue française ou anglaise dont la majorité ont été publiés après 1970.

Type de document: r
Auteur de l'analyse: ar

E D U Q 8370813

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Éducation
Direction de la recherche

Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège

Synthèse de recherches

SECTEUR de la PLANIFICATION

Décembre 1982

Thérèse Labonté

E D U Q 8370813

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Éducation
Direction de la recherche

Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège

Synthèse de recherches

Thérèse Labonité

Décembre 1982

Dépôt légal: 3e trimestre 1983
Bibliothèque nationale du Québec

ISBN 2-550-05923-9

© Gouvernement du Québec
Ministère de l'Éducation, 1983

Avant-propos

Cette synthèse de recherches intitulée Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège a d'abord été réservée à l'usage du Ministère. Devant l'intérêt des universitaires et des enseignants appelés à donner leur avis sur l'opportunité de diffuser cette étude, la Direction de la recherche a jugé bon d'en assurer la publication.

Ce travail devait être aussi bref que possible et présenter un état de la question qui soit valable. L'auteur a donc été confrontée à des choix parfois difficiles. Les recherches sur le sujet traité sont en effet très nombreuses: celles qui sont présentées ici, le sont en général à titre d'exemples. Cependant, si le lecteur se réfère aux articles et documents mentionnés dans ce travail, il pourra, grâce à leur bibliographie, se renseigner sur un plus grand nombre de recherches relatives au thème général de cette étude.

Le lecteur s'étonnera peut-être de l'importance accordée à la théorie de Piaget et aux recherches qui en découlent. Or, il se trouve que durant la dernière décade, les recherches sur l'enseignement des sciences qui s'inspirent de la psychologie du développement se fondent, pour une large part, sur la théorie de Piaget, comme invite d'ailleurs à le penser la citation suivante, tirée du Journal of Research in Science Teaching.

> "Over the past decade, developmental theory has occupied a central role in science education instructional theory and empirical research. Each annual Summary of Research in Science Education, e.g. Petersen and Carlson (1979), over the 1973-1977 period devoted a separate section to this area of research and focused almost exclusively on Piagetian based studies. Chiapetta (1976) and Levine and Linn (1977) conducted multi-year, qualitative reviews of Piagetian-related science education literature"*.

---

* Boulanger F.D. and Kremer B.K., Age and Developmental Level as Antecedents of Science Learning. Journal of Research in Science Teaching, vol. 18, no 4, 1981, p. 371.

C'est ce qui a incité l'auteur à donner plus de détails sur la théorie de Piaget que sur les autres théories.

Ce document sera complété par d'autres travaux effectués à la Direction de la recherche, qui s'insèrent dans un projet plus vaste portant sur l'enseignement des sciences au secondaire et au collégial. Il est à souhaiter que des enseignants des écoles secondaires et des collèges ainsi que des professeurs d'université s'efforcent d'approfondir certaines questions abordées dans ce document-synthèse.

Le tirage de cette étude est très limité. Pour en obtenir un exemplaire, on devra écrire à l'adresse suivante:

Monsieur Yvon Boutet
Secrétariat
Secteur de la planification
1035, De La Chevrotière, 8e étage
Québec
G1R 5A5

Tout commentaire concernant ce document sera bien accueilli.

C'est ce qui a incité l'auteur à donner plus de détails sur la théorie de Piaget que sur les autres théories.

Ce document sera complété par d'autres travaux effectués à la Direction de la recherche, qui s'insèrent dans un projet plus vaste portant sur l'enseignement des sciences au secondaire et au collégial. Il est à souhaiter que des enseignants des écoles secondaires et des collèges ainsi que des professeurs d'université s'efforcent d'approfondir certaines questions abordées dans ce document-synthèse.

Le tirage de cette étude est très limité. Pour en obtenir un exemplaire, on devra écrire à l'adresse suivante:

Monsieur Yvon Boutet
Secrétariat
Secteur de la planification
1035, De La Chevrotière, 8e étage
Québec
G1R 5A5

Tout commentaire concernant ce document sera bien accueilli.

PSYCHOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT ET ENSEIGNEMENT DES SCIENCES A L'ÉCOLE SECONDAIRE ET AU COLLÈGE

Introduction

Les origines de la psychologie du développement sont très lointaines. Depuis longtemps, à la suite de leurs contacts avec les enfants, des éducateurs en sont venus à penser que ceux-ci sont différents des adultes, que les différences observées ne varient guère et que l'éducation doit s'adapter aux élèves et non le contraire. A toutes les époques, divers philosophes et éducateurs ont relevé dans leurs écrits des différences qualitatives entre enfants et adultes. Toutefois, ce n'est que vers la fin du siècle dernier que la psychologie du développement commence à prendre une allure scientifique, avec la publication de divers ouvrages tels que L'âme de l'enfant de W. Preyer[1] et L'enfant de trois à sept ans[2] de B. Perez.

La fin du XIX^{e} siècle et le début du XX^{e} furent marqués par la naissance de plusieurs organismes et sociétés voués à l'étude de l'enfant. A titre d'exemple, mentionnons la National Association for the Study of Children créée en 1883 par Stanley Hall aux États-Unis, la British Child Study Association fondée en 1894 par James Sully, la Société libre pour l'étude psychologique de l'enfant, née en France en 1899 et animée par Ferdinand Buisson puis par Alfred Binet, la Société russe de pédagogie expérimentale et l'Institut National de pédologie (Belgique) fondés en 1909.

L'étude scientifique de l'adolescent est encore plus récente que celle de l'enfant. Il importe de se rappeler qu'il y a à peine quelques décennies, la plupart des enfants passaient directement de l'enfance au

---

1. Preyer W., L'âme de l'enfant. Paris, Alcan, 1887.

2. Perez B., L'enfant de trois à sept ans. Paris, Alcan, 1886.

monde du travail: les loisirs de l'adolescence étaient l'apanage d'une classe privilégiée. Il ne faut donc pas s'étonner de ce que les psychologues aient eu peine à reconnaître le caractère spécifique de cette période de la vie. Il est à noter que l'ouvrage capital de Stanley Hall, décédé en 1924, fut consacré à l'adolescence.

A l'heure actuelle, Piaget semble le plus connu de tous les tenants de la psychologie du développement de l'enfant et de l'adolescent. Toutefois sa psychologie a peu pénétré en général la pratique de l'enseignement; les éducateurs semblent plutôt s'inspirer d'un schème assez vague du développement, dont les éléments varient selon leur expérience et leur formation.

Cependant beaucoup d'éducateurs sont conscients de ce que peut leur apporter la psychologie du développement et souhaitent connaître ses plus récentes formulations et découvertes. C'est notamment afin de répondre aux voeux que formulent en ce sens certains professeurs de sciences que ce travail a été préparé. Il ne présentera toutefois que des théories du développement dont les implications relatives à l'enseignement des sciences ont été dégagées ou qui ont inspiré des recherches ou des innovations dans ce domaine. Encore ne nous sera-t-il pas possible, dans ce bref exposé, d'étudier à fond chacune de ces théories.

Le développement - il faut le souligner - comporte plusieurs aspects. Si l'enseignement des sciences semble surtout lié au développement intellectuel, il n'en demeure pas moins qu'une véritable formation scientifique ne pourra être acquise sans un certain sens des valeurs et des responsabilités sociales, comme l'affirme le tout récent Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences[3].

---

3. Unesco, Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences. Paris, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, 1981, p. 19.

La conception de l'enseignement des sciences est liée à celle de la science. Or, la pensée scientifique n'est plus celle du XIXe siècle[4] et la science est même l'objet d'une remise en question. D'où provient celle- ci? Selon un ouvrage publié par la Fondation européenne de la culture[5], elle proviendrait d'une double réaction. La première serait causée par la menace que font peser le rationalisme et l'accroissement de son pouvoir d'action sur l'équilibre de la nature et "sur l'homme lui-même, sur son affectivité, sur son intégrité biologique"[6]. La seconde viendrait du "sentiment d'impuissance et d'épuisement"[7] provoqués par l'accumulation et le renouvellement rapide des connaissances.

Toute criticable qu'elle soit, la science n'en demeure pas moins indispensable[8], et si l'on désire assurer aux élèves une formation scientifique, il convient de leur présenter la conception de la science qui est celle du XXe siècle. Pour leur faire dépasser "le stade de la pensée précopernicienne", il faut leur apprendre, comme le souligne le Guide de l'Unesco, "à accorder plus d'importance à l'observation qu'aux affirmations des manuels scolaires et des professeurs-prophètes". Si l'on veut "les faire arriver jusqu'à Galilée", il faut leur faire saisir que l'expérimentation permet d'obtenir de la nature la réponse à leurs questions.

> "Et si nous voulons les amener au coeur du XXe siècle, nous devons leur faire saisir le rôle du doute en matière de science et leur expliquer que les théories sont des spéculations ou des suppositions qui doivent être abandonnées ou modifiées dès qu'elles ne concordent plus avec les observations. Les enfants doivent savoir que personne ne détient la connaissance. Si nous pouvons susciter

---

4. Idem, p. 22.

5. Fragnière Gabriel et coll., L'éducation créatrice. Fondation européenne de la culture, Amsterdam, et Elsevier Sequoia, Bruxelles, 1975, 192 p.

6. 7. Idem, p. 19.

8. Idem, p. 20.

chez l'enfant cette prise de conscience, il aura appris les sciences, quel que soit le programme parcouru."[9]

L'affirmation plus marquée du caractère provisoire de l'explication scientifique a amené à une plus grande créativité dans la démarche scientifique. Si "les processus scientifiques représentent un apport fondamental pour la formation des élèves de tous âges", comme l'affirme le Guide de l'Unesco[10], il sera nécessaire de développer chez eux la créativité car, au sein de ces processus, rigueur et créativité sont intimement liés.

En ce qui concerne l'éducation scientifique, depuis une quinzaine d'années et surtout depuis 1975, aux États-Unis, le nombre d'études et de recherches s'inspirant de la psychologie du développement s'est considérablement augmenté. La remise en question de l'enseignement scientifique et un trop grand nombre d'échecs scolaires semblent être à l'origine de ce mouvement.

Une brève étude de la littérature concernant ce travail nous a amenée à diviser celui-ci en deux grandes parties, l'une traitant de divers aspects théoriques, l'autre de certains aspects pratiques, comme l'utilisation des théories et les résultats de recherches. Dans la première partie, nous exposerons brièvement la théorie du développement intellectuel de Piaget et ses implications sur le plan pédagogique ainsi que les améliorations proposées par certains néo-piagétiens (Case, Siegler, etc.) et les critiques de quelques auteurs. Nous présenterons aussi quelques aspects des théories d'Ausubel et de Novak, son disciple, ainsi qu'une comparaison de certains éléments des théories d'Ausubel et de Piaget s'inspirant de passages de l'ouvrage de W. Wollman intitulé Developmental Implications of Science Teaching: Early Adolescence[11] et du Guide de

---

9. Unesco, Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences. Paris, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, 1981, p. 23.

10. Idem, p. 28.

l'Unesco pour les professeurs de sciences. Nous aborderons enfin la question du développement de l'affectivité et de la créativité en nous inspirant notamment de Piaget et de Rogers.

La seconde partie de ce travail s'intéressera aux résultats de recherche relatifs aux niveaux de développement, aux relations de ceux-ci avec le rendement des élèves en sciences, à l'utilisation des tests, à l'acquisition des concepts, aux techniques d'enseignement et aux programmes de sciences s'inspirant de la psychologie du développement. Une brève conclusion tentera de résumer les principales acquisitions scientifiques relatives au thème traité et les questions les plus importantes que doit éclairer la recherche; elle essaiera aussi de dégager diverses orientations à donner à l'enseignement des sciences en regard de certains aspects de la psychologie du développement.

---

11. Wollman W., Developmental Implications of Science Teaching - Early Adolescence. Eric Information Analysis Center for Science, Mathematics and Environmental Education, Columbus Ohio; National Association for Research in Science Teaching, 1978, pp. 33-36.

I- ASPECTS THÉORIQUES

A- La théorie de Piaget sur le développement intellectuel

a. Brève description

Pour Piaget et Inhelder, le développement mental consiste en une "succession de trois grandes constructions"[12] se prolongeant les unes les autres. Chaque étape reconstruit d'abord la précédente sur un plan nouveau et la dépasse ensuite de plus en plus. En effet, la construction des structures de l'organisme effectuée pendant l'embryogenèse se trouve prolongée et dépassée par celle des schèmes* sensori-moteurs.

> "Puis la construction des relations sémiotiques, de la pensée et des connexions interindividuelles intériorise ces schèmes d'action en les reconstruisant sur ce nouveau plan de la représentation et les dépasse jusqu'à constituer l'ensemble des opérations concrètes et des structures de coopération. Enfin (...), la pensée formelle naissante restructure les opérations concrètes en les subordonnant à des structures nouvelles".[13]

Il importe de noter que les opérations concrètes tirent leur nom du fait "qu'elles portent directement sur des objets et non pas encore sur des hypothèses énoncées verbalement."[14] Autrement dit, "la pensée concrète demeure essentiellement attachée au réel"[15] et le "possible se manifeste simplement sous la forme d'un prolongement du réel ou des actions exécutées sur la réalité."[16] Dès qu'un problème lui est posé, l'enfant passe à l'action immédia-

---

12 13. Piaget J., Inhelder B., La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F., 1968, p. 121.

14. Idem, p. 79.

15. Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, p. 219.

16. Idem, p. 220.

* Voir la note a, en annexe, p. 92.

tement et coordonne les lectures des résultats obtenus, structurant ainsi la réalité. Si l'on admet qu'il s'agit là d'hypothèses, "il faut alors préciser que celles-ci consistent sans plus à esquisser des projets d'actions possibles, et non pas, comme chez l'adolescent, à imaginer ce que devrait être le réel si telle ou telle condition hypothétique était remplie."[17]

Ayant acquis la capacité de penser à un objet sans le voir au cours de l'étape précédente, l'enfant parvenu au stade opératoire concret peut désormais se décentrer par rapport à sa propre action[18] et se centrer sur plus d'un aspect d'une situation ou d'un objet donné. Ainsi, il est apte à classifier des carrés et des cercles rouges ou bleus en fonction de la forme et de la couleur (les rouges, les bleus, les ronds, les carrés)[19], à ordonner des éléments selon leur grandeur,[20] à découvrir que la substance d'une boulette d'argile ne varie pas malgré des déformations successives[21] et que la quantité d'eau versée dans des verres de formes différentes demeure la même,[22] etc. En termes piagétiens, il devient capable d'opérations, c'est-à-dire de "réactions fondées sur l'identité et la réversibilité par inversion ou par réciprocité",[23] l'identité résultant "implicitement ou explicitement de la réversibilité"[24].

---

17. Idem, p. 220.

18. Piaget J., Inhelder B., La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F., p.77.

19. Idem, p. 82.

20. Idem, p. 80.

21. Idem, p. 78.

22. Idem, p. 77.

23. 24. Idem, p. 78.

Par exemple, l'enfant qui a atteint le niveau des opérations concrètes ne situera plus l'action de verser un liquide d'un verre à un autre plus étroit sur un plan différent de celui des phénomènes physiques.

> "L'enfant dira: "c'est la même eau", "on n'a fait que verser", "on n'a rien enlevé, ni ajouté" (identités simples ou additives); "on peut remettre (B en A) comme c'était avant" (réversibilité par inversion); ou surtout "c'est plus haut, mais c'est plus mince, alors ça fait autant" (compensation ou réversibilité par réciprocité des relations)."[25]

Comme le souligne Piaget, l'enfant se rend compte "à la fois des modifications en leurs variations compensées et de l'invariant impliqué par la réversibilité."[26] Rappelons que dans la terminologie piagétienne, "l'invariant d'un système de transformations"[27] constitue "une notion ou un schème de conservation"[28].

Les opérations concrètes, par exemple celles qui ont trait à la conservation ou qui consistent à réunir deux classes (les garçonnets + les fillettes = les enfants), ou à additionner deux nombres, sont donc des actions "intériorisables et réversibles"[29], "la réversibilité pouvant consister en inversion (A - A = C) ou en réciprocité (A correspond à B et réciproquement)[30]. Ces opérations ne sont pas isolées mais se coordonnent en "structures d'ensembles"[31], telles que les

---

25. 26. Idem, p. 77.

27. 28. 29. 30. Idem, p. 76.

31. Idem, p. 79.

classifications, les sériations, la suite des nombres, etc. Elles jouent aussi un rôle dans la structuration de l'espace et du temps et sont liées à l'avènement d'un nouveau type d'explication causale[32]. Se retrouvant chez toutes les personnes ayant le même niveau mental, elles interviennent aussi dans les échanges d'ordre cognitif.

Au niveau des opérations formelles, dernière phase de la construction dont nous venons de parler, il survient une importante nouveauté. Celle-ci consiste en une "différenciation de la forme et du contenu"[33] qui permet au sujet de "raisonner correctement sur des propositions auxquelles il ne croit pas ou pas encore"[34] c'est-à-dire sur des hypothèses; c'est là "le début de la pensée hypothético-déductive ou formelle[35]. Celle-ci amène la formation d'un ensemble de schèmes opératoires* tels que les proportions, les opérations combinatoires, "les doubles systèmes de référence, la compréhension d'un équilibre hydrostatique, certaines formes de probabilité, etc"[36]**.

Ces nouvelles capacités se fondent sur l'acquisition de nouvelles structures d'ensemble, à savoir le groupe de quatre transformations (inversion, réciprocité, inversion de la réciprocité ou réciprocation de l'inverse et transformation identique) qui coordonne en un système

---

32. Idem, pp. 83-89.

33. 34. 35. Idem, p. 105.

36. Idem, p. 111.

* Voir la note b, en annexe, p. 92.

** Les termes et expressions en cause seront expliqués ultérieurement.

unique les deux formes de la réversibilité et "la combinatoire propre aux réseaux propositionnels qui se constitue grâce à une généralisation de la classification"[37].

Afin de mieux saisir les caractéristiques de la pensée formelle, il importe de se demander comment Piaget et Inhelder en sont arrivés à formuler la dernière partie de leur théorie. Il faut rappeler ici qu'il y a une trentaine d'années, Inhelder "entreprenait avec ses assistants une étude systématique sur l'induction des lois physiques chez l'enfant et chez l'adolescent" alors que Piaget travaillait à "la rédaction d'une Épistémologie génétique, d'un Traité de logique et d'un Essai sur les transformations des opérations logiques"[38].

Inhelder a mis au point divers ensembles de dispositifs permettant de réaliser son étude expérimentale. L'un d'eux, centré sur la découverte d'invariants physiques concernait, par exemple, la conservation du mouvement dans le plan horizontal et la chute des corps sur un plan incliné. Un autre visait à faire découvrir des systèmes d'actions et de réactions, à savoir l'équilibre de la balance et celui de la presse hydraulique, les vases communiquants et l'équilibre des forces mécaniques sur un plan incliné. Certains dispositifs étaient ordonnés à la découverte "de la méthode de vérification expérimentale qui repose sur les variations et les combinaisons des facteurs en jeu"[39].

---

37. Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, p. 3.

38. Idem, p. 1.

39. OCDE, Inventaires piagétiens. Les expériences de Piaget. Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement. OCDE, 1977, p. 91.

Cette étude "a abouti à deux résultats inattendus"[40]. Le stade de développement qui débute vers 11-12 ans se caractérise "par la constitution de certaines méthodes d'induction expérimentale et surtout de vérifications systématiques inconnues de l'enfant"[41]. De plus, ces méthodes se montrent "solidaires", précisent les auteurs, de toute une nouvelle structuration opératoire, fondée sur la logique des propositions et sur une pensée "formelle" distincte de la pensée opératoire "concrète"[42].

Piaget est intervenu dans l'analyse des structures en cause. Il a utilisé non seulement "les algorithmes de la logique des propositions (...) mais encore le groupe des quatre transformations décrit dans le Traité de logique et dans l'Essai sur les transformations des opérations logiques comme nécessaire au fonctionnement des mécanismes de la pensée formelle"[43].

En quoi consistent "la combinatoire propre aux réseaux propositionnels" et le "groupe des quatre transformations"? Qu'est-ce qu'une combinatoire? Piaget et Inhelder présentent brièvement ces notions ainsi que les schèmes opératoires formels dans l'ouvrage intitulé La psychologie de l'enfant.

---

40. 41. 42. Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, p. 1.

43. OCDE, Inventaires piagétiens. Les expériences de Piaget. Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement. OCDE, 1977, p. 92.

Alors que les opérations concrètes portent "directement sur les objets ou sur leurs réunions (classes), leurs relations ou leur dénombrement' et cheminent "de proche en proche, en fonction de ressemblances graduées", les opérations formelles permettent désormais à l'enfant "de construire n'importe quelles relations et n'importe quelles classes en réunissant 1 à 1 ou 2 à 2, 3 à 3, etc., des éléments quelconques. Cette généralisation des opérations de classification ou des relations d'ordre aboutit à ce qu'on appelle une combinatoire"[44].

La combinatoire permet de combiner des objets, des facteurs, des propositions, et par conséquent de raisonner sur la réalité en tenant compte d'un certain nombre ou de l'ensemble des combinaisons possibles[45].

Le groupe des quatre transformations résulte de la combinaison en un seul système, des inversions et des réciprocités[46]. Il conviendrait de recourir ici à l'un des exemples fournis par Piaget. Imaginons un dispositif permettant à un corps mobile de se mouvoir et de s'arrêter, les arrêts survenant au moment où une lampe s'allume. Le sujet fera une première hypothèse, à savoir que la lumière cause les arrêts, "soit $p \supset q$ (lumière implique arrêt)"[47]. Il n'existe qu'un seul moyen de vérifier cette hypothèse: voir si la lampe s'allume sans que le mobile ne s'arrête, "soit $p.\bar{q}$ (opération inverse ou négation de $p \supset q$"[48]. Mais le sujet peut aussi se demander si l'arrêt provoque l'allumage de la lampe,

---

44. Piaget Jean, Inhelder Barbel, La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F. 1968, p. 105

45. Idem, pp. 105 et 106.

46. 47. 48. Idem, p. 110.

"soit $q \supset p$, qui est cette fois la réciproque et non plus l'inverse de $p \supset q$"[49]. Pour contrôler cette hypothèse, il vérifiera si le mobile s'arrête sans que la lampe ne s'allume "soit $\bar{p}.q$ (inverse de $q \supset p$)"[50]. "Or $\bar{p}.q$ qui est l'inverse de $q \supset p$ est en même temps la corrélative de $p \supset q$, car si toutes les fois qu'il y a allumage, il y a arrêt ($p \supset q$), il peut y avoir en ce cas des arrêts sans allumage"[51]. De même $p.\bar{q}$ est la corrélative de $q \supset p$ et $\bar{p}.q$ est la réciproque de $p.\bar{q}$. Chaque "opération sera dorénavant à la fois l'inverse d'une autre et la réciproque d'une troisième, ce qui donne quatre transformations"[52], à savoir "I (transformation identique), N (inverse), R (réciproque) et C (corrélative), soit, dans le cas de $p \supset q$: $I = p \supset q$; $N = p.\bar{q}$; $R = q \supset p$ et $C = \bar{p}.q$"[53].

En poursuivant ce raisonnement on se rend compte que $I = NRC$ (N est la réciproque de C). Il est à noter que Piaget emploie souvent l'expression "groupe INRC" pour désigner le groupe de quaternalité ou des quatre transformations, que l'on retrouve dans plusieurs schèmes opératoires, notamment en ce qui concerne la compréhension de l'équilibre d'un système mécanique.

Recourons ici à un autre exemple. Dans l'une des branches d'une presse hydraulique en forme de U, on "place un piston dont on peut augmenter le poids, ce qui modifie le niveau du liquide dans l'autre branche"[54]; d'autre part, on peut faire varier le poids du liquide en

---

49. 50. Idem, p. 110.

51. Idem, p. 111.

52. Idem, p. 110.

53. Idem, p. 111.

54. Idem, p. 113.

employant soit de l'alcool, soit de l'eau ou de la glycérine; moins le liquide sera dense, plus il montera haut. Le problème, comme le souligne Piaget, est ici de comprendre que le poids du liquide agit en sens contraire de celui du piston, en tant que réaction opposée à son action"[55]. Or, avant le stade formel, les enfant ne saisissent pas le rôle de la résistance du liquide; le poids de celui-ci" est conçu comme s'ajoutant à celui du piston et comme agissant dans le même sens"[56].

Pour saisir le mécanisme de la presse hydraulique, il faut savoir différencier et coordonner "quatre transformations isomorphes à celles du groupe INRC"[57], à savoir la "transformation directe" (effet du poids du piston et des poids qu'on y ajoute), la "transformation inverse" (si l'on enlève le piston ou le poids qu'il soutient), la "transformation réciproque" (effet de la résistance du liquide), l'"inverse de la réciproque" (si l'on diminue la quantité ou la densité du liquide)[58].

S'il le désire, le lecteur pourra trouver d'autres exemples de schèmes opératoires formels et d'épreuves piagétiennes, en annexe à la p. 92 (note c). En bref, il importe de se rappeler que ce qui caractérise la pensée formelle c'est la "logique de propositions", c'est-à-dire "la capacité de raisonner sur les énoncés, sur des hypothèses et plus seulement sur des objets posés sur la table ou immédiatement représentés"[59]. Cette capacité suppose "le réseau combinatoire et le groupe des quatre

---

55. 56. Idem, p. 114.

57. Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent, Paris, P.U.F., 1970, p. 286.

58. Idem, pp. 285 et 286.

59. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique, Paris, Denoël-Gonthier, 1972, p. 65.

transformations (INRC), c'est-à-dire les deux aspects complémentaires d'une nouvelle structure d'ensemble, embrassant la totalité des mécanismes opératoires que nous voyons se constituer à ce niveau"[60].

Une question importante peut se poser ici. Tous les individus sont-ils susceptibles d'atteindre le stade des opérations formelles? Piaget a formulé à ce sujet trois hypothèses dans la revue Human Development.[61] En voici un bref résumé:

1re hypothèse: Tous les individus normaux sont, en principe, capables d'atteindre le stade des opérations formelles à condition que le milieu social et l'expérience acquise par le sujet fournissent à celui-ci les stimulations et la nourriture intellectuelle nécessaires. Dans cette perspective, la vitesse du développement peut varier, mais la succession des stades est la même chez tous.

2e hypothèse: Les trois premiers stades du développement correspondraient à une évolution générale, après laquelle se produirait une diversification des aptitudes. S'il en était ainsi, les opérations formelles ne pourraient être véritablement considérées comme un stade.

3e hypothèse: Tous les sujets normaux atteignent le stade des opérations formelles, si ce n'est entre 11 et 15 ans, de toutes façons entre 15 et 20 ans. Cependant, ils atteignent ce stade dans différents domaines, en fonction de leurs aptitudes et de leur spécialisation professionnelle. Cette hypothèse reflète l'opinion de Piaget en ce qui concerne les opérations formelles, lesquelles succéderaient aux opérations concrètes aussi naturellement que l'été suit le printemps. Il est à

---

60. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique, Paris, Denoël-Gonthier, 1972, p. 65.

61. Piaget J., Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood. Human Development 15 (1972), pp. 1-12.

transformations (INRC), c'est-à-dire les deux aspects complémentaires d'une nouvelle structure d'ensemble, embrassant la totalité des mécanismes opératoires que nous voyons se constituer à ce niveau"[60].

Une question importante peut se poser ici. Tous les individus sont-ils susceptibles d'atteindre le stade des opérations formelles? Piaget a formulé à ce sujet trois hypothèses dans la revue Human Development.[61] En voici un bref résumé:

1re hypothèse: Tous les individus normaux sont, en principe, capables d'atteindre le stade des opérations formelles à condition que le milieu social et l'expérience acquise par le sujet fournissent à celui-ci les stimulations et la nourriture intellectuelle nécessaires. Dans cette perspective, la vitesse du développement peut varier, mais la succession des stades est la même chez tous.

2e hypothèse: Les trois premiers stades du développement correspondraient à une évolution générale, après laquelle se produirait une diversification des aptitudes. S'il en était ainsi, les opérations formelles ne pourraient être véritablement considérées comme un stade.

3e hypothèse: Tous les sujets normaux atteignent le stade des opérations formelles, si ce n'est entre 11 et 15 ans, de toutes façons entre 15 et 20 ans. Cependant, ils atteignent ce stade dans différents domaines, en fonction de leurs aptitudes et de leur spécialisation professionnelle. Cette hypothèse reflète l'opinion de Piaget en ce qui concerne les opérations formelles, lesquelles succéderaient aux opérations concrètes aussi naturellement que l'été suit le printemps. Il est à

---

60. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique, Paris, Denoël-Gonthier, 1972, p. 65.

61. Piaget J., Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood. Human Development 15 (1972), pp. 1-12.

noter toutefois que certains résultats de recherches permettent de mettre en doute le caractère de nécessité et d'universalité du raisonnement formel chez les adultes[62] (voir à ce sujet la page 62 dans la deuxième partie de ce document).

Avant d'étudier les implications pédagogiques de la théorie de Piaget, nous voudrions apporter quelques précisions relatives à la notion d'intelligence chez Piaget, à la délimitation des stades et aux décalages qu'on y observe. Ces précisions permettront de saisir plus aisément l'objet de certains commentaires ou critiques formulés à l'égard de la théorie piagétienne.

Selon Piaget, "l'intelligence est adaptation"[63] et par conséquent, tend à établir "un équilibre entre les actions de l'organisme sur le milieu et les actions inverses"[64]. L'intelligence s'insère dans le mouvement de la vie, celle-ci étant selon Piaget, "une création continue de formes de plus en plus complexes et une mise en équilibre progressive entre ces formes et le milieu"[65]:

> ..."L'organisme s'adapte en construisant matériellement des formes nouvelles pour les insérer dans celles de l'univers, (...) l'intelligence prolonge une telle création en construisant mentalement des structures susceptibles de s'appliquer à celles du milieu"[66].

---

62. Long H., Mc Crary K., Ackerman S. Adult cognition: Piagetian Based Research Findings. Adult Education, vol. 30, number 1, Fall 1979, pp. 3 à 18.

63. 64. Piaget, J., La psychologie de l'intelligence, Paris, Armand Colin, 1964, p. 13.

65. 66. Piaget J., La naissance de l'intelligence chez l'enfant, Neuchatel, Delachaux et Niestlé, 1963, p. 10.

Le développement mental consistera donc en "un processus d'équilibrations successives"[67] amenant l'intégration de structures "dont chacune conduit à la construction de la suivante"[68]. Il comprendra trois "grandes périodes ou stades"[69], à savoir "la période de l'intelligence sensorimotrice"[70], "la période de préparation et d'organisation des opérations concrètes"[71] et celle des opérations formelles. Hésitant sur la terminologie, Piaget distingue souvent, au cours de la période centrale, le stade pré-opératoire et le stade opératoire concret. On compte alors quatre stades.

On peut se demander quels critères déterminent la délimitation des stades... Les voici en bref: 1) L'ordre de succession des stades est constant, quoiqu'on puisse les atteindre à divers âges "selon son degré d'intelligence, ou d'un milieu social à un autre"[72]. 2) Chaque stade se caractérise "par une structure d'ensemble en fonction de laquelle on peut expliquer les principales réactions particulières"[73]. 3) Chaque structure d'ensemble résulte de celle qui la précède et l'intègre en la subordonnant[74].

---

67. Dolle Jean-Marie, Pour comprendre Piaget. Toulouse, Privat, 1974, p. 59.

68. 69. Piaget J., Inhelder B., La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F., 1968, p. 121.

70. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique. Paris, Denoël-Gonthier, 1972, p. 59.

71. Idem, p. 61.

72. 73. 74. Piaget J., Inhelder B., La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F., 1968, p. 121.

Après avoir abordé cette question des critères de définition des stades dans son ouvrage intitulé Problèmes de psychologie génétique,[75] Piaget indique immédiatement ce qu'il entend par "décalages horizontaux" et "décalages verticaux". Les décalages, explique-t-il, "caractérisent la répétition ou la reproduction du même processus formateur à des âges différents"[76].

Il sera question de décalages horizontaux dans le cas d'une opération qui s'applique à des contenus différents. Par exemple, vers 7-8 ans, un enfant pourra sérier, classer, mesurer, dénombrer des longueurs, des quantités de matière et acquérir les notions de conservation relatives à ces éléments. Cependant, "il sera incapable de toutes ces opérations dans le domaine du poids, tandis que deux ans plus tard en moyenne, il saura les généraliser en les appliquant à ce nouveau contenu". On a alors un décalage au cours d'une même période[77].*

Par contre, on parlera de décalage vertical lorsqu'une structure est reconstruite grâce à d'autres opérations. Ainsi, vers 18 mois, le bébé sait s'orienter dans une pièce, effectuer des retours et des détours, mais ne peut se représenter ses déplacements. Or, quelques années plus tard, il saura le faire, c'est-à-dire qu'il pourra intérioriser ceux-ci, les imaginer sur le plan opératoire[78]. Il s'agit d'opérations différentes s'effectuant à des périodes différentes du développement.

---

75. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique. Paris, Denoël-Gonthier, 1972, 174 p.

76. 77. Idem, p. 58.

78. Idem, pp. 58-59.

* Voir la page 29, et la note d, en annexe, p. 95.

Il nous semble important de souligner, au terme de ce bref exposé sur la théorie piagétienne du développement intellectuel, que les opérations logiques ne s'élaborent et ne se regroupent en structures d'ensemble "qu'en fonction d'un certain exercice, non pas seulement verbal mais surtout et essentiellement lié à l'action sur les objets et à l'expérimentation"[79] et qu'elles supposent "la collaboration et l'échange entre les individus"[80]. Voilà, entre autres, deux points importants à considérer en ce qui concerne l'éducation.

b. Implications relatives à l'enseignement des sciences, dégagées par divers auteurs

1- Piaget

Quelles sont les implications de la théorie de Piaget en ce qui concerne l'enseignement des sciences? Piaget lui-même répond à cette question dans un article intitulé Fondements scientifiques pour l'éducation de demain, publié en 1973 [81].

Selon le psychologue genevois, les "notions qualitatives de base (...) constituent ou devraient constituer la substructure de tout enseignement scientifique élémentaire"[82]. Il serait nécessaire de réformer cet enseignement assez profondément, afin de multiplier les vocations scientifiques dont la société a besoin actuellement. Pour ce faire, il faut remplir certaines conditions dont la première est de recourir aux méthodes actives "en faisant une part essentielle à la recherche sponta-

---

79. Piaget J., Où va l'éducation. Paris, Unesco, 1979, p. 89.

80. Idem, p.90.

81. Piaget J., Fondements scientifiques pour l'éducation de demain. Éducation et développement, no. 82, janvier 1973, pp. 6 à 22.

82. Idem, p. 11.

née de l'enfant ou de l'adolescent"[83] et en "exigeant que toute vérité à acquérir soit réinventée par l'élève ou tout au moins reconstruite et non pas simplement transmise"[84].

Piaget reproche aux écoles traditionnelles "d'avoir négligé presque systématiquement la formation des élèves à l'expérimentation"[85]. Des expériences faites par le maître devant les élèves, ou celles qu'on leur dicte ne peuvent les initier à la démarche scientifique et leur faire connaître ses règles générales, telles que "la variation d'un facteur en neutralisant les autres (toutes choses égales d'ailleurs), ou la dissociation des fluctuations fortuites et des variations régulières"[86]. Il convient, dans l'avenir, de faire une part de plus en plus grande" à l'activité et aux tâtonnements des élèves ainsi qu'à la spontanéité des recherches dans la manipulation de dispositifs destinés à prouver ou à infirmer les hypothèses qu'ils auront pu faire d'eux- mêmes pour l'explication de tel ou tel phénomène élémentaire"[87].

La question de savoir s'il convient d'accélérer le développement cognitif n'a pas échappé à Piaget. Voici comment il aborde le problème:

> ..."Pour en arriver par la combinaison du raisonnement déductif et des données de l'expérience à la compréhension de certains phénomènes élémentaires, l'enfant a besoin de passer par un certain nombre de stades caractérisés par des idées qu'il jugera erronées par la suite, mais qui semblent nécessaires pour en arriver aux solutions finales correctes"[88].

---

83. 84. Idem, pp. 11 et 22.

85. 86, 87. Idem, p. 13.

88. Idem, p. 15.

A titre d'exemple, Piaget cite les raisons données par les enfants pour expliquer la transmission du mouvement à l'intérieur d'une suite de billes continguës et immobiles, dont on frappe la première en causant ainsi le départ de la dernière. L'auteur se demande s'il faut "respecter la succession de leurs approximations"[89] malgré les défauts de celles-ci ou "s'il faut tout faire pour détromper les jeunes sujets"[90]. Ce sera aux expériences pédagogiques méthodiques de l'avenir à en décider"[91] conclut Piaget, tout en ajoutant qu'à son avis, "il y a tout avantage à respecter les étapes"[92].

D'autres auteurs ont dégagé diverses implications des théories de Piaget en ce qui concerne l'enseignement des sciences. A titre d'exemple, nous présenterons ici quelques réflexions de Wollman, Renner, Bauman et Kubli.

2- Wollman

Dans l'ouvrage déjà cité, Woolman,[93] s'inspirant de Brainerd, indique que trois domaines principaux peuvent être touchés par la théorie du développement de Piaget, à savoir

- La progression de la matière
- Le choix du contenu
- Les méthodes d'enseignement.

---

89. 90. Idem, p. 15.

91. 92. Idem, pp. 15 et 16.

93. Woolman W., Developmental Inplications of Science Teaching - Early Adolescence, Eric Information Analysis Center for Science, Mathematics and Environmental Education, Columbus Ohio; National Association for Research in Science Teaching, 1978, p. 37.

- La progression de la matière

L'établissement d'une progression suppose que l'on détermine où l'élève et la matière en cause se situent sur une échelle correspondant au développement ("developmental scale"). Dans l'idéal, lorsqu'on a localisé la position du sujet et circonscrit la matière qui y correspond, on peut essayer d'enseigner celle-ci et faire, s'il y a lieu, un pas en avant. Il importe aussi de savoir de quelle nature est le concept à faire saisir, dans quel contexte il se situe et quels sont les préalables à son acquisition[94].

- Le choix du contenu

Déjà, des programmes élémentaires de sciences et de mathématiques visent à faire acquérir les structures relatives à la conservation, aux classifications et aux sériations. Il semble évident qu'en intégrant aux programmes des exercices didactiques s'inspirant de Piaget, les éducateurs espèrent pourvoir les élèves des capacités intellectuelles qui leur permettront d'assimiler le programme.

- Les méthodes d'enseignement

Le recours à des méthodes actives ainsi qu'à des échanges de vues entre les élèves découle directement de l'utilisation de la théorie de Piaget bien qu'il ne lui soit pas spécifique. A l'école secondaire, il importe, dans une perspective piagétienne, d'étayer, grâce à des éléments concrets ou facilement évocables, la présentation d'idées nouvelles[95].

---

94. Idem, pp. 37 et 38.

95. Idem, p. 38.

3- Renner

Conformément à une sorte de tradition, on avait l'habitude de penser, écrit Renner,[96] que le développement intellectuel découlait de l'éducation, autrement dit que l'apprentissage déterminait le développement intellectuel. La théorie piagétienne soutient le contraire: le développement intellectuel détermine ce qui peut être appris. Cela implique que l'école devrait tenir compte du niveau de développement de chaque élève lorsqu'il s'agit de sélectionner le contenu.

Renner souligne qu'au cours de leur scolarité les élèves peuvent passer du stade pré-opératoire au stade des opérations concrètes, puis au stade des opérations formelles et que chacun des stades est caractérisé par une forme de pensée spécifique. La possibilité de saisir tel ou tel concept varie en fonction des stades.

L'auteur distingue des concepts "concrets" ("concrete concepts") et des concepts "formels" ("formal concepts"). Un concept "concret" peut être acquis grâce à l'expérience (par exemple l'idée que les plantes ont besoin d'eau), alors que la formation d'un concept "formel" nécessite des structures hypothético-déductives. Ainsi, les notions de photosynthèse, de structure atomique et de proportionnalité sont de type formel.

Certains concepts sont en soi de type concret ou de type formel, alors que le degré de difficulté de certains autres peut varier en fonction de la façon de les enseigner. Par exemple, apprendre à lire la température relève du niveau des opérations concrètes alors que relier la température à la vitesse moléculaire se situe au niveau des opérations formelles.

---

96. Renner J.W., Philips D.G., Piaget's Developmental Model: A Basis for Research in Science Education. School Science and Mathematics, vol. LXXX, number 3, whole 701, March 1980, pp. 193-198.

Bref, dans l'établissement des programmes de sciences, on doit tenir compte, selon Renner, du niveau de raisonnement que nécessite l'acquisition de tel ou tel concept et la théorie de Piaget pourrait être utilisée comme schème de référence dans la sélection et l'évaluation du contenu[97]. Dans cette optique, Renner pose quelques questions qui pourraient donner lieu à diverses recherches:

1. Quelles seraient les conséquences, en ce qui a trait au développement intellectuel, de l'utilisation de la théorie de Piaget?

2. Quel impact aurait le recours à cette théorie dans le monde de l'éducation, en ce qui concerne l'élaboration du matériel didactique, l'organisation des bibliothèques et des centres de ressources ainsi que la conception des édifices scolaires?

3. Comment les vues de Piaget sur l'interaction sociale et sa nécessité pour passer d'un stade à l'autre pourraient-elles s'intégrer au système éducatif?

4. Quels aspects de l'enseignement seraient modifiés si l'on mettait l'accent sur le développement intellectuel plutôt que sur la mémorisation?

5. Comment pourrait-on enseigner le mieux possible aux maîtres les caractéristiques des stades du développement, les méthodes d'évaluation des progrès de leurs élèves, ainsi que la façon de les aider en tenant compte de leur rendement[98].

---

97. Idem, p. 195.

98. Idem, pp. 196 et 197.

4- Bauman

Parmi les différentes questions soulevées par P. Bauman dans un article intitulé Applicability of Piagetian Theory to College Teaching[99], mentionnons celles-ci. De quelle utilité est la théorie de Piaget dans les études sur les jeunes qui ont quitté l'adolescence? Le niveau de développement des élèves ne serait-il pas lié à des facteurs génétiques ou à des facteurs dont l'action se déroule durant la première enfance, et qui, par conséquent, seraient hors de notre portée? Il faudrait que des études répondent à ces questions de façon satisfaisante; ensuite pourrons-nous, s'il y a lieu, chercher comment l'on peut modifier le plus efficacement le développement intellectuel.

Dans l'article en cause, l'auteur rapporte le résultat d'une recherche touchant ces questions. Il en sera fait mention dans la deuxième partie de ce travail.

5- Kubli

Dans un article paru en 1979, dans l'European Journal of Science Education[100], Kubli commente certaines idées-clés de Piaget et en tire des conséquences pour l'enseignement des sciences. Il formule aussi certaines critiques que nous résumerons plus loin.

---

99. Bauman R.P., Applicability of Piagetian Theory to College Teaching. Journal of College Science Teaching, vol. VI, number 2, november 1976, pp. 94 à 96.

100. Kubli Fritz., Piaget's Cognitive Psychology and its Consequences for the Teaching of Science. European Journal of Science Education, 1979, vol. II, no. 1, pp. 5-20.

De la thèse de Piaget voulant que la pensée en ce qu'elle a d'essentiel, procède de l'action et non de la sensation ou du seul langage, Kubli déduit que les professeurs doivent se livrer à des démonstrations au cours de leur enseignement et donner à leurs élèves l'occasion d'effectuer des travaux pratiques lorsque cela est techniquement possible. Kubli insiste sur l'importance, pour les élèves, d'établir un lien entre les actions et les paroles du maître; une définition n'a de valeur pour eux que s'ils sont capables d'en saisir le sens en se référant au phénomène en cause ou de décrire celui-ci dans leurs propres mots; l'information donnée par le maître peut alors être assimilée[101].

S'interrogeant sur les causes du développement mental, Kubli émet l'opinion que les termes équilibre et réversibilité, utilisés en rapport avec les actions ou les relations, ne sont pas suffisamment opérationnels pour expliquer le développement intellectuel. Par contre, l'idée selon laquelle ce dernier découlerait de décentrations* successives de la part du sujet, le groupement des opérations étant lié à la coordination de divers points de vue émanant d'observateurs différents, lui semble devoir être retenue; Kubli y voit des implications sur le plan pédagogique[102].

Piaget lui-même en avait dégagé des conséquences dans un article intitulé Le droit à l'éducation dans le monde actuel:

> "Il ne saurait, écrit-il, se constituer (...) d'activité intellectuelle véritable, sous forme d'actions expérimentales et de recherches spontanées, sans une libre collaboration des individus, c'est-à-dire, en l'espèce, des élèves eux-mêmes entre eux et non pas seulement du maître et de l'élève. L'activité de l'intelligence suppose non seulement de continuelles stimulations réciproques,

---

101. Idem, pp. 6-8.

102. Idem, p. 9.

* Il s'agit de décentrations de l'action propre, d'une élimination de l'égocentrisme.

> mais encore et surtout le contrôle mutuel et l'exercice de l'esprit critique, qui seuls conduisent l'individu à l'objectivité et au besoin de démonstration"[103].

Kubli signale l'intérêt de la découverte de Piaget selon laquelle un enfant ne peut adopter n'importe quel point de vue mais seulement ceux qui s'insèrent dans ses propres schèmes d'assimilation. La façon de surmonter ce handicap est la coopération, qui permet de coordonner les points de vue des individus.[104].

Bien que certains principes relatifs aux invariants semblent correspondre à un savoir d'ordre conventionnel plutôt qu'à une nécessité (voir à ce sujet la page 39), il semble que l'enseignement doive s'adapter à la recherche d'invariants grâce à laquelle les enfants assimilent la réalité. Un enseignement adéquat devrait encourager les élèves à chercher consciencieusement les invariants physiques et à les nommer[105].

Comment les enfants peuvent-ils en arriver à une représentation objective de la réalité? Chaque élève a ses vues personnelles ou ses préconceptions sur divers sujets; celles-ci ont souvent été élaborées sans une réflexion adéquate. Mais la réflexion peut être encouragée et les conceptions spontanées des enfants peuvent évoluer grâce à la discussion. Si l'élève et le maître peuvent faire connaître l'un à l'autre leurs schèmes d'assimilation respectifs et si l'élève peut reconnaître la supériorité des schèmes d'assimilation du maître, la discussion, qui au départ, pouvait ressembler à un dialogue artificiel, prendra l'allure d'une

---

103. Piaget J., Où va l'éducation, Paris, Unesco, 1972, p. 101.

104. Kubli Fritz., Piaget's Cognitive Psychology and its Consequences for the Teaching of Science. European Journal of Science Education, 1979, vol. II, no. 1 p. 10.

105. Idem, p. 12.

conversation entre scientifiques. Il ne doit pas y avoir, cependant, un trop grand écart entre les schèmes d'assimilation de l'élève et ceux que propose le maître[106].

Se méfiant d'une utilisation simpliste des découvertes de Piaget consistant par exemple à présenter certaines notions sous la forme intuitive des premières notions enfantines, Kubli déplore que l'on manque d'indications relatives à l'effet de l'enseignement donné en classe sur le développement intellectuel, par exemple, sur l'acquisition des notions de conservation[107].

Pour Kubli, la psychologie du développement cognitif de Piaget ne peut être réduite à quelques résultats de recherches, ni introduite en pédagogie sans un approfondissement et un regard sur l'épistémologie sous-jacente, laquelle, souligne-t-il, n'est pas aisée à comprendre.

La psychologie de Piaget n'explique pas entièrement le développement intellectuel, mais elle constitue un important point de départ pour des recherches qui jetteront finalement une lumière nouvelle sur les activités scolaires[108].

B- Les néo-piagétiens

Au cours des dernières années, la théorie du développement de Piaget a été acceptée de plus en plus dans le monde de la psychologie. Il s'y est aussi dessiné un mouvement visant à améliorer cette théorie. Même si les néo-piagétiens n'ont pas réussi à proposer une théorie permettant d'expliquer l'ensemble des faits en cause, leurs travaux constituent néanmoins un pas en avant. Nous ne présenterons ici que des éléments importants des études de certains d'entre eux.

---

106. Idem, p. 14-16.

107. Idem, p. 18.

108. Idem, p. 19.

1- Pascual-Leone et Case

Dans un travail effectué en 1969,[109] Pascual-Leone montre que le décalage dans la maîtrise des notions de conservation de la quantité de matière, du poids et du volume peut s'expliquer par des différences dans le travail de mémorisation qu'elles exigent. Les limites de la mémoire et des stratégies liées à la mémorisation constitueraient le principal facteur limitant le rendement. Le fait d'ajouter ou de soustraire un élément d'information à certains exercices piagétiens peut faire augmenter ou décroître l'âge auquel les enfants les réussissent.

S'inspirant en partie de Pascual-Leone, Case a élaboré une théorie de l'enseignement reposant sur l'idée qu'il convient de considérer la possibilité que l'intelligence puisse être conçue de façon plus profitable en termes de capacité de traiter l'information et d'indépendance du contexte qu'en termes de "pouvoir intellectuel" ou de "vitesse d'apprentissage"[110]. Les enfants et les adultes différeraient les uns des autres non seulement en ce qui concerne l'expérience antérieure à l'apprentissage et la vitesse d'acquisition des sous-schèmes ("subskills") individuels, mais aussi le nombre de sous-schèmes qu'ils peuvent coordonner en un temps donné et la mesure dans laquelle ils peuvent éviter d'utiliser des concepts ou des sous-schèmes inappropriés[111].

---

109. Pascual-Leone J., Cognitive Development and Cognitive Style. Unpublished doctoral dissertation. University of Geneva. 1969.

110. Case R., Gearing the Demands of Instruction to the Developmental Capacities of the Learner. Review of Educational Research, winter 1975, vol. 45, no. 1, p. 77.

111. Idem, p. 84.

La technique préconisée par Case repose sur de soigneuses analyses de tâches visant à établir des séquences hiérarchiques dans l'apprentissage, ainsi qu'une description de la façon dont le sujet peut acquérir des informations. Case détermine le nombre d'éléments des séquences ainsi que le nombre d'éléments d'information dont peut disposer l'élève. L'enseignement doit s'adapter aux capacités de ce dernier[112].

2- Siegler

Le premier pas dans la construction d'une théorie du développement consiste, selon Siegler, à décrire de façon adéquate les capacités du sujet. Plutôt que de descriptions globales, il faudrait pouvoir disposer de mini-théories regroupant les différentes sortes de règles utilisées le plus couramment dans la solution de problèmes spécifiques.

Dans cette perspective, Siegler a procédé à diverses études, notamment à une recherche sur les activités mentales requises pour découvrir le fontionnement d'une balance. Un tel apprentissage nécessiterait quatre décisions binaires successives dont la complexité varierait avec l'âge[113].

Siegler a mené des recherches sur l'acquisition de la capacité de raisonner dans une démarche scientifique. Au cours de ces travaux, il a utilisé une méthode directe d'enseignement et il a décrit sous la forme d'un programme d'ordinateur les stratégies qui devaient être enseignées.[114]

---

112. Idem, pp. 74 à 82.

113. Siegler R.S. et Simon E., Stages in Children's Understanding of the Balance Scale Problem. Unpublished manuscripts. Carnegie Mellon University, 1975.

114. Siegler R.S. & Atlas Marshall., Acquisition of Formal Scientific Reasoning by 10 and 13 year olds. Detecting Interactive Patterns in Data. Journal of Educational Psychology, 1976, vol. 68, no. 3, p. 363.

Les résultats de ces expériences incitent à penser, selon Siegler, que l'acquisition du raisonnement scientifique peut être de loin plus dépendante d'un enseignement spécifique et beaucoup moins liée à la maturation que les hypothèses de Piaget et d'Inhelder permettaient de le croire. Cependant, le fait que des élèves de 13 ans parviennent à résoudre plus de problèmes que des enfants de 10 ans montre qu'on ne peut ignorer le rôle de la maturation et de facteurs généraux relevant de l'expérience[115].

3- Perry

Dans un ouvrage intitulé Forms of Intellectual and Ethical Development in the College* Years,[116] Perry présente une théorie du développement intellectuel et moral fondée sur plusieurs études concernant des étudiants de l'Université Harvard. Sur le plan intellectuel, la théorie de Perry a plusieurs points communs avec celle de Piaget dont il reconnait avoir subi l'influence.

Selon Perry, les étudiants modifieraient graduellement, au cours de leurs études au collège, leurs attitudes, vis-à-vis le savoir, l'apprentissage et les valeurs. Cet auteur distingue neuf positions sur la ligne du développement propre aux jeunes. Les cinq premières concernent surtout le développement intellectuel et la prise de décision alors que les quatre dernières sont plutôt relatives à des questions d'ordre personnel, par exemple au choix d'une carrière ou à l'attitude vis-à-vis le mariage.

---

115. Idem, p. 368.

116. Perry W.G., Forms of Intellectual and Ethical Development in the College years: A Scheme. Holt, Rinehart and Winston Inc., New-York, 1970.

* Aux États-Unis, le collège reçoit des étudiants qui ont terminé le high school, donc qui ont à leur crédit 12 années de scolarité.

Lorsqu'ils arrivent au collège, les étudiants diviseraient le monde en deux camps, celui des mauvais, qui ont tort, et celui des bons dans lequel ils se situent en pensée. Ils ne différencient pas l'absolu de l'autorité, qui leur semble être omnisciente. Le savoir et la rectitude morale s'acquièrent, selon leur conception, grâce à l'obéissance et à un travail ardu[117].

Ils prennent conscience graduellement de la diversité des opinions ainsi que de la complexité ou de l'incertitude de certaines idées, qui peu à peu, leur paraîtra légitime. Ils évolueront vers un relativisme de la pensée et des valeurs qui les amènera à tenir compte, dans leurs jugements, de la diversité des situations[118].

Allen[119] regrette que le schème de développement de Perry ait peu influencé l'enseignement des sciences et les recherches dans ce domaine. Il cite, dans un article publié en novembre 1981, quelques études soutenant que ce schème décrirait plus adéquatement que celui de Piaget, certains aspects du raisonnement. L'utilisation du schème de développement de Perry permettrait de mieux connaître les difficultés des élèves, et, par suite, de mieux adapter les stratégies d'enseignement[120].

---

117. Idem, p. 83.

118. Idem, pp. 149-181.

119. Allen R.D., Intellectual Development and the Understanding of Science: Applications of William Perry's Theory to Science Teaching, Journal of College Science Teaching, Vol. XI, number 2, november 1981, pp. 94-97.

120. Idem, p. 97.

C- Quelques critiques relatives à la théorie de Piaget

La théorie de Piaget a été l'objet de certaines critiques. Loin de vouloir en présenter ici une revue exhaustive, nous nous bornerons à en résumer ou mentionner quelques exemples.

Dans les première et deuxième éditions de son ouvrage intitulé Educational Psychology A Cognitive View[121], Ausubel reproche à Piaget d'utiliser une méthode fautive pour conduire ses recherches et rapporter ses données, notamment de ne pas procéder à un échantillonnage adéquat et de peu se soucier de la constance des résultats et de leur signification sur le plan statistique. Ausubel émet, entre autres, les réserves suivantes: Piaget ne présente pas de données normatives en ce qui concerne les niveaux d'âge et le sexe; il ne procède pas de façon uniforme au cours de ses expériences et utilise des critères ambigus pour classifier les réponses des sujets. Au lieu de recourir à une analyse statistique, il utilise des extraits de protocole pour étayer ses données. Il a tendance à ignorer la variabilité à l'intérieur des stades et entre eux lorsqu'il délimite ceux-ci. De plus, ajoute notamment Ausubel, les études transversales auxquelles Piaget a recours pour étudier le développement ne sont pas adaptées aux objectifs qu'il poursuit. L'existence des stades de transition et des discontinuités qualitatives qu'il relève ne pourrait être démontrée que grâce à des études approfondies portant sur les mêmes enfants[122].

---

121. Ausubel D.P., Educational Psychology A-Cognitive View. Holt, Rinehart and Winston Inc., 1re et 2e éditions, 1968 et 1978. J.D. Novak et H. Hanesian sont des co-auteurs de la 2e édition.

122. Idem, 2e édition, pp. 234 et 235.

Novak remet notamment en question l'existence des stades, en invoquant les arguments suivants:

1- Un nombre petit mais significatif d'enfants de 5 à 7 ans peuvent utiliser constamment la pensée opératoire formelle.

2- Le pourcentage des jeunes qui atteignent la pensée formelle depuis la première année jusqu'à l'âge adulte augmente graduellement.

3- Une fraction importante (plus de 60%) de certains groupes d'adultes ne démontrent pas de façon constante qu'ils ont atteint le stade des opérations formelles.

4- Presque chaque enfant peut prouver qu'il sait faire appel à tous les niveaux de la pensée opératoire à différentes occasions et avec divers matériels au cours de son développement (de 5 à 16 ans).

5- En ce qui concerne les stades, la variabilité ("variability in "stages" of thinking") semble être fortement reliée au statut économique, à l'occupation des parents, à la qualité de l'instruction et à de nombreux autres facteurs relatifs à l'environnement.

6- Il est nécessaire de distinguer de nombreux stades ou sous- stades pour classifier les performances, qu'il s'agisse de celles d'un enfant s'adonnant à diverses activités, ou d'un groupe d'enfants observés pendant plusieurs années.[123]

---

123. Novak J.D., Epicycles and the Homocentric Earth: Or what is Wrong with Stages of Cognitive Development. Science Education, 61 (3), 1977, p. 394.

Pour étayer ses affirmations, l'auteur renvoie entre autres, aux résultats de recherches effectuées à Cornell University, desquelles il parle notamment dans son ouvrage A theory of Education[124] et dans un article intitulé An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education[125]. Des comptes rendus de certaines de ces recherches ont été publiés dans Science Education.

En ce qui concerne les jeunes enfants, Novak se réfère, semble-t-il, aux résultats obtenus après un enseignement individualisé reposant sur l'utilisation de cassettes et d'un matériel spécifique. Par exemple, après une série de leçons présentant divers concepts relatifs à la terre et à la notion de gravité à une cinquantaine d'élèves de deuxième année, Nussbaum et Novak trouvèrent que 24% des enfants avaient acquis les concepts en cause ("mature concepts of earth and gravity"). Dans une autre expérience, de 5 à 35% des sujets de deuxième année fournissaient, selon les auteurs, des explications que l'on pouvait considérer de niveau formel[126]. Novak résume ainsi les résultats obtenus:

> "In summation, our research with children, including studies of cognitive development after specially designed concept oriented audiotutorial lessons, shows that a small proportion of young children (six to seven years old) can acquire and use highly formal concepts to explain phenomena, with explanation at a level ordinarly expected (but not commonly observed) from adult subjects"[127].

On peut se demander si Novak prêtait au mot "formel" le sens que lui donnait Piaget. Dans un article intitulé "When is a stage not a

---

124. Novak J.D., A Theory of Education, London, Cornell University, 1977, 295 p.

125. Novak J.D., An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education. Science Education, 61 (4), 1977, pp. 453-477.

126. Idem, p. 472.

127. Idem, p. 473.

stage",[128] Driver soulignait d'ailleurs que les notions piagétiennes concernant le niveau formel avaient été utilisées et adaptées par de nombreux individus, chacun les interprétant à sa façon.

Driver relève deux types de difficultés quant à l'identification des structures formelles. La première concerne la question de la validité interne du modèle mathématique que Piaget utilise pour décrire ces structures. Le second a trait à la façon de relier ce modèle à des conduites spécifiques. Quels critères utilisera-t-on pour identifier la pensée formelle en action?

Ennis[129] a tenté de répondre à cette question en ce qui concerne la logique des propositions. Il a identifié quatre critères permettant à son avis de déterminer si un sujet maîtrise celle-ci. Ces critères sont les suivants:

a) l'utilisation du langage de la logique des propositions,
b) le raisonnement à partir d'hypothèses,
c) la distinction, les unes des autres, des opérations binaires,
d) l'isolation des variables.

Après avoir discuté de chacun de ces critères et invoqué certains travaux de recherches, Ennis conclut que la logique de Piaget est soit fausse, soit non vérifiable, soit incompatible avec certaines inférences que l'on serait en droit de faire à partir d'elle:

---

128. Driver D., When is a stage not a stage? A critique of Piaget's theory of cognitive development and its application to science education. Educational Research, vol. 21, number 1, 1978, pp. 54 à 61.

129. Ennis R.H., Children's Ability to Handle Piaget's Propositional Logic: A Conceptual Critique. Review of Educational Research, winter 1975, vol. 45, no. 1, pp. 1-41.

"No matter what the interpretation I have concluded that the claim is either false, or untestable, or not about deductive logic"[130].

Commentant cette conclusion, Driver suggère que l'on devrait peut-être abandonner la notion de structure d'ensemble et s'interroger plutôt sur la présence de schèmes indépendants, plus facilement identifiables, qui apparaîtraient au cours de l'adolescence. Il est évident que de tels schèmes existent, poursuit l'auteur, en faisant allusion à la capacité d'isoler des variables et de résoudre des problèmes faisant appel aux proportions. Cependant, postuler que de tels schèmes soient acquis pendant l'adolescence ne signifie pas que l'on croit à l'existence de stades de pensée et à l'unité des opérations qu'elle implique[131].

Parmi les problèmes relatifs à l'application des théories de Piaget, Driver relève celui de l'établissement d'une correspondance entre le niveau mental de l'élève et les exigences des programmes ainsi que celui de la variation des capacités des enfants en fonction du contexte. Elle souligne aussi le danger d'accorder une place trop importante à l'acquisition des schèmes de pensée, au détriment du contenu[132].

En 1978, dans "Alternatives to Piaget", Ennis reprend ses critiques à l'égard de Piaget et propose à titre de solution, une formulation "correcte" à son avis, des principes logiques ainsi qu'un vocabulaire de base et un modèle d'analyse tri-dimensionnel des capacités de raisonnement logique ("logical competence")[133].

---

130. Idem, pp. 38 et 39.

131. Driver D., When is a stage not a stage? A critique of Piaget's theory of Cognitive development and its application to science education. Educational Research. vol. 21, number 1, 1978, p. 56.

132. Idem, pp. 58-59.

133. Ennis R.H., Conceptualization of Children's Logical Competence: Piaget's Propositional Logic and an Alternative Proposal in Siegel et Brainerd Editors. Alternatives to Piaget. New-York, Academic Press, 1978, pp. 201-260.

Il faut toutefois signaler ici qu'un chercheur australien, Bond, a construit un test visant à évaluer les capacités relatives à l'utilisation des seize opérations logiques identifiées par Piaget. Ce test a été administré à 966 élèves de 11 à 16 ans; ses résultats auraient montré que ce n'est pas avant 13 ou 14 ans que la moitié des sujets peuvent répondre à plus de 50 pour cent des problèmes posés; ces résultats présentés dans Interchange en 1978 [134] ont été critiqués à leur tour par Brainerd qui reproche à Bond de ne pas donner suffisamment d'indications d'ordre méthodologique[135]. Dans un article précédent[136] publié en 1976, Brainerd niait la validité de la logique des propositions comme modèle d'analyse de l'intelligence chez les adolescents; il invoquait lui-même les résultats d'une recherche effectuée chez 144 enfants de 5 à 8 ans:

> "My principal thesis is that if the logic of relations and the logic of classes are acceptable models for some earlier level of cognitive development, propositional logic cannot possibly be an acceptable model for adolescent cognition"[137].

Pour Brainerd, la logique des propositions est probablement acquise avant l'âge de 7-8 ans, peut-être même avant l'entrée à l'école[138]. Brainerd admet cependant que l'on a toutes les raisons de croire à la réalité des différences mises en évidence entre enfants et

---

134. Bond Trevor G., Propositional Logic as a Model for Adolescence Intelligence - Additional Considerations. Interchange, vol. 9, number 2, 1978-79, pp. 93 à 100.

135. Brainerd C.J., Response to Bond. Interchange, vol. 9, number 2, 1978-79, pp. 98 à 100.

136. Brainerd C.J., On the Validity of Propositional Logic as a Model for Adolescent Intelligence. Interchange, vol. 7, no. 1, 1976-77, pp. 40-45.

137. Idem, p. 40.

138. Idem, p. 43.

adolescents grâce à des tests piagétiens tels que la combinaison de liquides ou le problème relatif au pendule. Ce qu'il met en cause, c'est la façon d'expliquer ces différences[139].

Il nous faut revenir sur une question soulevée par Kubli et mentionnée précédemment: celle des principes relatifs aux invariants dont la saisie constituerait, selon Piaget, une nécessité. Kubli illustre sa pensée sur ce point en recourant à un premier exemple: celui des deux boulettes d'argile, l'une étant déformée, l'autre ne l'étant pas, qui plongées dans des verres contenant la même quantité d'eau, font monter l'eau au même niveau. Le fait que l'eau s'élève à la même hauteur n'est pas évident, selon Kubli:

> "The realization that both a deformed and an undeformed ball of clay, when dipped into a glass of water, cause the same rise in the level of water, is not self-evident either"[140].

Afin de faire mieux comprendre sa pensée, Kubli invite à imaginer que le liquide en cause est d'une haute densité et que la boule d'argile est compressible. Une boule aplatie au fond du verre sera moins volumineuse qu'un morceau d'argile étroit placé verticalement dans la partie supérieure du verre, puisque le liquide exercera sur elle plus de pression. De même, la surface de l'argile peut comprimer l'eau environnante et ainsi de suite[141].

Kubli fournit un autre exemple: celui de la conservation de la longueur, qui lui semble relever d'une convention: nous croyons à l'homogénéité du temps et de l'espace parce que nous n'avons aucune raison de

---

139. Idem, p. 45.

140. 141. Kubli F., Piagets Cognitive Psychology and its Consequences for the Teaching of Science. European Journal of Science Education, vol. 4, no. 1, p. 11.

croire le contraire... Si les progrès de la science l'exigent, il faudra délaisser les principes relatifs aux invariants[142].

Si un enfant acquiert la notion de conservation, cela signifie, selon Kubli, qu'il connaît les règles de la société relatives à l'assimilation du réel suffisamment pour conclure que la non-conservation serait en contradiction sérieuse avec celle-ci. La saisie des invariants constitue un pas important dans le développement intellectuel et apparaît comme le résultat d'une meilleure connaissance des règles sociales en cause[143].

Nous n'avons pas l'intention d'explorer ici tous les méandres des commentaires et critiques formulés à l'égard de Piaget. Signalons, avant d'aborder la théorie d'Ausubel, une autre question soulevée par certains auteurs. La logique combinatoire "correspond-elle bien aux opérations de la pensée courante"?[144] Pour décrire celles-ci, il faudrait recourir à un modèle différent, suggèrent quelques chercheurs.

En guise de conclusion à ces quelques critiques, il nous semble opportun de rappeler avec Dolle, que les "difficultés n'enlèvent rien à la valeur inestimable des découvertes de Piaget et de ses collaborateurs" et "sont inhérentes à toute recherche scientifique"[145].

D- Ausubel et Novak

Parmi les psychologues du développement, Ausubel est, avec Piaget, l'un des mieux connus en Amérique du Nord, et même en Europe, en particu-

---

142. 143. Idem, p. 12.

144. Dolle J.M., Pour comprendre Piaget. Toulouse, Privat 1973, p. 212.

145. Idem, p. 213.

lier en Allemagne de l'Ouest. A ce titre, nous attacherons à sa théorie une attention particulière.

Avant de présenter en bref les stades décrits par Ausubel et divers éléments de sa pensée, il importe, nous semble-t-il, de rappeler que celui-ci établit une hiérarchie dans l'acquisition des concepts.

Ausubel distingue concepts primaires et concepts secondaires. Lorsqu'un jeune enfant acquiert un concept, par exemple celui de travail, en tant que concept primaire, il peut faire l'hypothèse que ce concept comporte divers attributs; en l'occurence il pourra s'agir des caractères d'activité, de nécessité et d'utilité. L'enfant peut découvrir ces attributs en recourant à l'abstraction, après avoir observé par exemple un fermier, une ménagère, une infirmière; ces attributs ont pu aussi lui être indiqués. Dans chaque cas, cependant, il confronte chacun des attributs en cause à chacun des exemples concrets, avant de les intégrer à sa structure cognitive.

Par ailleurs, si l'enfant acquiert, à l'école élémentaire, le concept de travail en tant que concept secondaire, il le fera à partir de la définition de chacun des attributs; il pourra tirer profit d'un exemple de l'un ou de plusieurs d'entre eux en les intégrant à sa structure cognitive. Finalement, au secondaire, l'élève pourra relier directement, sans supports, les attributs à sa structure cognitive, et s'il ne connait pas la signification d'un attribut donné, il pourra la saisir grâce à sa définition seulement[146].

Les stades que délimite Ausubel sont désignés sous des appellations semblables à celles des stades piagétiens. Selon cet auteur, le développement comporterait le stade pré-opératoire, le stade des opérations concrètes et le stade des opérations logiques abstraites:

---

146. Ausubel D.P., Novak J.D., Hanesian H., Educational Psychology-A Cognitive View, second edition, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1978, p. 234.

1- Le stade pré-opératoire

Au cours du stade pré-opératoire, l'enfant est apte à acquérir des concepts primaires et à utiliser, pour résoudre des problèmes, à la fois les concepts primaires et leurs interrelations; il peut manier des propositions véhiculant ces éléments.

La solution de problèmes implique alors la manipulation d'objets ou l'utilisation d'images mentales correspondant de près à la réalité[147].

2- Le stade opératoire concret

L'acquisition de concepts secondaires et l'utilisation de leurs interrelations devient possible au stade opératoire concret. Le caractère "concret" de ce stade réside dans le fait que les concepts secondaires et leurs interrelations ne peuvent être saisies et utilisées correctement qu'en se référant à un support concret[148].

3- Le stade des opérations logiques abstraites

Au secondaire, l'élève devient de moins en moins dépendant des supports concrets lorsqu'il s'agit de saisir des relations abstraites; bientôt il n'en aura aucunement besoin pour établir de telles relations. Il pourra utiliser des propositions abstraites et résoudre des problèmes abstraits en considérant toutes les hypothèses possibles, sans se référer à la réalité concrète et immédiate[149].

---

147. Idem, pp. 232-233.

148. Idem, pp. 233 et 235.

149. Idem, p. 236.

Ausubel établit une distinction entre les apprentissages mécaniques et les apprentissages signifiants ainsi qu'entre les apprentissages réceptifs et ceux qui correspondent à une découverte. Ces deux derniers types d'apprentissage peuvent être soit mécaniques, soit signifiants, selon les conditions dans lesquelles s'opère l'apprentissage[150]. Il est à noter que les apprentissages signifiants se caractérisent par l'intégration d'idées nouvelles à la structure cognitive[151], qui tend à s'organiser de façon hiérarchique en fonction des niveaux d'abstraction et de généralité[152].

> "Meaningful learning presupposes both that the learner manifest a meaningful learning set - that is a disposition to relate the new material nonarbitrarily and substantively to his or her cognitive structure - and that the material learned be potentially meaningful to him or her-namely relatable to his or her structure of knowledge on a nonarbitrary and nonverbatim basis"[153].

Le processus grâce auquel les idées nouvelles se relient à la structure cognitive a été désigné par Ausubel sous le terme "subsumption"[154]. Selon Novak, un disciple d'Ausubel, le processus de "subsumption" diffère du processus d'assimilation décrit par Piaget en ce que:

1- Les connaissances nouvelles se relient aux concepts ou aux propositions qui s'y rapportent de façon spécifique.

2- Le processus est continu et les modifications majeures des apprentissages signifiants apparaissent non pas comme une conséquence de l'existence des stades généraux, mais plutôt comme le

---

150. Idem, p. 27.

151. Idem, p. 41.

152. Idem, p. 58.

153. Idem, p. 41.

154. Idem, p. 58.

> résultat d'une différenciation et d'une intégration croissantes de concepts appropriés ("specifically relevant") à la structure cognitive[155].

Les première et deuxième éditions de l'ouvrage intitulé Educational Psychology-A Cognitive View consacrent toutes deux un chapitre à l'apprentissage par la découverte. Les auteurs admettent que cette forme d'apprentissage est particulièrement appropriée pour s'initier à l'utilisation de la méthode scientifique dans un domaine donné; ils conviennent aussi qu'elle peut être utilisée en vue de l'acquisition de concepts à l'école maternelle et au début des études primaires ainsi qu'ultérieurement, lorsqu'on aborde une discipline nouvelle. Toutefois, les auteurs affirment que la pédagogie de la découverte ne convient pas pour enseigner de larges portions de matière à des sujets capables de saisir des concepts et des principes à travers un exposé:

> "Learning by discovery is simply not a feasible primary method of transmitting large bodies of subject-matter content (for learners who are capable of learning concepts and principles through expository teaching) to warrant the vastly increased time-cost it entails[156]."

Utiliser ainsi à mauvais escient la pédagogie de la découverte, constituerait une répudiation de l'un des aspects les plus significatifs de notre culture, à savoir que l'on peut faire connaître aux enfants et aux jeunes les découvertes originales effectuées à travers les millénaires, et ce grâce à des techniques d'enseignement ingénieuses et efficaces[157].

---

155. Novak J.D., An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education. Science Education, 61 (4), 1977, p. 456.

156. Ausubel D.P., Novak J.D., Hanesian H., Educational Psychology-A Cognitive View. Holt, Rinehart and Winston Inc., 1978, p. 520.

157. Idem, pp. 520 et 521.

Traitant de la même idée dans un article publié en 1977, Novak affirmait qu'il est évident que notre héritage culturel, créé par des génies au cours des trois ou quatre derniers siècles ne peut être redécouvert par des élèves de 10 ou 15 ans. Il s'ensuit, poursuivait-il, que la tâche principale de l'école est de présenter des exposés ("to make expository teaching") et de stimuler les apprentissages réceptifs signifiants. Selon Novak, la théorie d'Ausubel relative à l'apprentissage sur le plan cognitif est plus appropriée et plus efficace que la théorie du développement de Piaget en ce qui concerne l'enseignement des sciences, des mathématiques et même des autres matières[158].

Novak se montre optimiste lorsqu'il envisage l'avenir de l'enseignement. Il n'est pas impossible, à son avis, de présenter la matière sous forme d'une structure hiérarchisée et bien organisée de concepts. Des progrès auraient été réalisés dans ce sens à l'Institut de Pédagogie de Kiel[159] en ce qui concerne l'élaboration d'un programme de biologie[160].

En 1977, Novak a lui-même publié un ouvrage intitulé A Theory of Education[161]. Dans ce livre, Novak présente ses propres vues sur l'éducation et développe certains aspects de la théorie d'Ausubel, notamment ceux qui ont trait aux apprentissages signifiants. Il décrit ses expériences auxquelles il a participé dans le domaine de l'enseignement et expose ses idées sur l'élaboration des programmes, l'échec scolaire,

---

158. Novak J.D., An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education, Science Education 61 (4), 1977, pp. 453-454.

159. Idem, p. 474.

160. Schaefer G. and Kattmann A., IPN Unit Bank Biology-A New Type of Biology Curriculum. Journal of Biological Education, 10 (5), 1976, pp. 242-248.

161. Novak J.D., A Theory of Education. London, Cornell University, 1977, 295 p.

etc. Il consacre la dernière partie de son ouvrage aux recherches en psychologie expérimentale qui l'ont amené à adopter la théorie d'Ausubel.

E- Brève comparaison de certains aspects des théories d'Ausubel et de Piaget

A la suite d'une étude même peu détaillée des théories de Piaget et d'Ausubel, il est intéressant de se demander en quoi ressemblent et diffèrent ces deux théories. Il est évident que dans l'une, la structure cognitive est décrite surtout en termes d'opérations réversibles alors que dans l'autre, elle l'est en termes de concepts. Les deux auteurs font appel à la notion de stade, mais ne semblent pas concevoir celle-ci de la même façon.

Une comparaison portant sur divers aspects des deux théories a été établie en quelques pages, par W. Wollman[162], un auteur déjà cité dans ce travail. La comparaison porte notamment sur les points suivants: la possibilité d'un apprentissage verbal signifiant, la notion de stade, le rôle du sujet et des connaissances initiales dans l'apprentissage, les notions de "subsumption" chez Ausubel et d'assimilation chez Piaget, le fait que certains individus atteignent le niveau le plus élevé dans certains domaines seulement, etc. Nous n'examinerons brièvement que les cinq points qui viennent d'être mentionnés. Nous résumerons aussi un passage du Guide de l'Unesco établissant un parallèle entre Piaget et Ausubel en ce qui concerne la notion d'apprentissage.

Au sujet du rôle des connaissances initiales dans l'apprentissage, Ausubel écrit en exergue à la première édition d'Educational Psychology A Cognitive View:

---

162. Wollman W., Developmental Implications of Science Teaching-Early Adolescence. Voir la référence no II.

> "If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows[163]."

De son côté, Piaget reconnaît que les résultats de l'apprentissage varient de façon très importante en fonction du niveau cognitif initial des enfants[164]. Il semble donc, en première analyse, que les positions d'Ausubel et de Piaget se ressemblent. Cependant des différences apparaissent lorsque ces deux auteurs donnent des descriptions théoriques du savoir.

Quant au rôle du sujet dans l'apprentissage, Novak souligne que, dans les apprentissages signifiants, celui-ci doit fournir un effort conscient pour relier les connaissances nouvelles aux éléments en cause de sa structure cognitive[165]. De leur côté, Inhelder, Sinclair et Bovet écrivent:

> "In terms of successful training procedures (...) the more active a subject is, the more successful his learning is likely to be"[166].

La notion de "subsumption" serait-elle comparable à celle d'assimilation? Pour faire saisir cette notion, Novak apporte quelques précisions:

> "The new knowledge interacts with existing relevant concepts and is assimilated into these concepts, thus altering the form of both the anchoring concept and the new knowledge assimilated"[167].

---

163. Ausubel D.P., Educational Psychology-A cognitive View. Holt, Rinehart and Winston Inc., 1968, p. VI.

164. Piaget J., Piaget's Theory, in P.H. Mussen (editor) Carmichael's Manual of Child Psychology, 3rd edition. New-York, John Wiley, 1970, p. 715.

165. Novak J.D., An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education. Science Education. 61 (4), 1977, p. 456.

166. Inhelder, Sinclair et Bovet, Learning and the Development of Cognition. Cambridge, Harvard University Press, 1974, p. 25.

167. Voir la référence no 165.

A ce propos, Wollman note avec humour que son dictionnaire Ausubel-Piaget traduit "anchoring concepts" et son synonyme "subsumer" par schème. Pareillement poursuit-il, "subsumption" correspond à "assimilation" au sens large.

En 1964, Ausubel relevait que la pensée abstraite apparaît plus tôt dans le domaine des sciences que dans celui des sciences sociales parce que les enfants sont plus familiers avec les idées de masse, de temps et d'espace qu'avec les notions relatives au gouvernement. Cependant, ajoute-t-il, le contraire peut se trouver[168]. D'autre part, Piaget souligne que les jeunes atteignent le stade des opérations formelles dans différents domaines, en fonction de leurs aptitudes et de leur spécialisation professionnelle[169]. Il semble y avoir là une convergence de vues qu'il convient de remarquer.

Ausubel et Novak contestent l'utilité, sinon la validité de la notion de stade. Novak, on l'a vu, invoque à ce propos ses résultats de recherches. Des travaux récents convergeraient vers les mêmes conclusions.

La possibilité d'un apprentissage verbal signifiant est reconnue par Ausubel, alors qu'elle serait apparemment rejetée par les piagétiens. Cette forme d'apprentissage impliquerait, selon ces derniers, de la coercition et priverait les élèves de l'occasion d'effectuer leurs propres découvertes. Mais comme il n'existe par de définition généralement acceptée du mot "signifiant", le débat peut être théoriquement clos, conclut Wollman.

---

168. Ausubel D., The Transition from Concrete to Abstract Cognitive Functioning-Theoretical Issues and Implications. Journal of Research in Science Teaching, 2, 1964, p. 49.

169. Voir la référence no 61.

Le Guide de l'Unesco compare aussi les notions d'apprentissage chez Piaget et Ausubel. Pour Piaget, l'apprentissage effectué à partir de formulations verbales ne sera vraiment efficace qu'au stade opératoire formel. Par contre, Ausubel prétend que l'apprentissage verbal est possible aussi bien chez les enfants que chez les adolescents à partir du moment où ils peuvent intégrer des idées nouvelles à une structure de pensée formée à l'occasion d'un apprentissage antérieur; il faudra d'abord présenter les idées générales et ensuite les idées particulières. Les auteurs concluent qu'au niveau de la pensée opératoire formelle, ces idées sont compatibles avec celles de Piaget[170].

Pour clore ici cette discussion, il nous semble important de rappeler que, selon Piaget et Inhelder "toute pensée verbale n'est pas formelle" et qu'"il est possible d'obtenir des raisonnements corrects portant sur de simples énoncés dès le niveau de 7-8 ans, pourvu que ces énoncés correspondent à des représentations suffisamment concrètes"[171].

Il est peut-être opportun de souligner aussi que Piaget reconnaissait, dans un ouvrage publié en 1972, que la chronologie des stades est "extrêmement variable; elle dépend de l'expérience antérieure des individus, et pas seulement de leur maturation, et elle dépend surtout du milieu social qui peut accélérer ou retarder l'apparition d'un stade ou même en empêcher la manifestation"[172]. Le milieu social joue d'ailleurs un grand rôle dans le développement affectif, indissociable du développement intellectuel.

---

170. Unesco, Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences. Paris, ONU, 1981, p. 47.

171. Inhelder B., Piaget J., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1979, p. 221.

172. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique. Paris, Denoël-Gonthier, 1972, p. 55.

F- Le développement de l'affectivité et de la créativité

Dans cette section, nous voudrions surtout attirer l'attention du lecteur sur l'importance du développement affectif chez l'enfant et l'adolescent, et sur la nécessité d'accroître sa créativité, dans la perspective d'une véritable formation scientifique. Le terme "affectivité" sera ici employé dans un sens très large et désignera "les attitudes, les sentiments, les valeurs et les motivations qui influent toutes sur l'apprentissage de l'élève et sur la manière dont il utilise ses connaissances"[173].

Il existe diverses théories du développement de l'affectivité. Celle de Piaget offre l'avantage d'établir des rapports avec le développement de l'intellect. Nous en donnerons ici les grandes lignes.

Au cours de la période sensori-motrice, l'enfant prend conscience progressivement de l'existence permanente de ce qui l'entoure; cette évolution est liée à la constitution de relations objectales: l'affectivité de l'enfant s'oriente vers les autres. Piaget lui-même a découvert que le premier objet doué de permanence est "la personne d'autrui et non pas un objet inanimé quelconque"[174].

Lorsque se développent le langage et les images mentales, au stade pré-opératoire, l'enfant devient apte à établir des relations qui dépassent l'immédiat[175]; il n'est plus nécessaire que la personne ou l'objet en cause soit présent. A ce stade, l'enfant ne peut saisir le point

---

173. Unesco, Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences, Paris, ONU, 1981, p. 47.

174. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique. Paris, Denoël-Gonthier, 1972, p. 52.

175. Piaget J., Inhelder H., La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F., 1963, p. 90.

de vue des autres[176] et est persuadé qu'il faut observer les règles "parce qu'elles sont sacrées et obligatoires"[177].

L'acquisition des opérations concrètes, liées au développement de relations nouvelles de réciprocité sur le plan logique, coïncide avec un "affaiblissement des effets du surmoi et de l'autorité"[178]. Une plus grande coopération s'établit entre enfants. Des relations morales nouvelles s'instaurent "fondées sur le respect mutuel et conduisant à une certaine autonomie"[179]. Les règles peuvent être modifiées s'il y a consensus.

L'une des conséquences essentielles de la réciprocité et du respect mutuel est l'acquisition du sens de la justice:

> "... à 7-8 ans déjà et de plus en plus ensuite la justice l'emporte sur l'obéissance elle-même et devient une norme centrale, équivalant sur le terrain affectif à ce que sont les normes de cohérence sur le terrain des opérations cognitives"[180].

Avec la pensée formelle, l'autonomie morale acquiert une dimension nouvelle. L'univers des valeurs dépasse la réalité concrète et s'ouvre "sur toutes les possibilités interindividuelles ou sociales"[181]. Les idées de patrie et de justice sociale, les idéaux sociaux, rationnels et esthétiques ne prennent "une valeur affective adéquate qu'au niveau de 12 ans et davantage"[182]. L'adolescent devient "capable de construire

---

176. Idem, p. 94.

177. Piaget J., Le jugement moral chez l'enfant. Paris, P.U.F., 1957, p. 65.

178. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique. Paris, Denoël-Gonthier, 1972, p. 52.

179. 180. Piaget J., La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F., 1967, p.100.

181. Idem, p. 118.

182. Idem, p. 119.

des théories et de se préoccuper du choix d'une carrière qui corresponde à une vocation et lui permette de satisfaire ses besoins de réformation sociale et de création d'idées nouvelles"[183].

La théorie de Piaget a été établie à partir de recherches portant sur des sujets de 5 à 13 ans. Un autre chercheur, Kohlberg, a mené une recherche longitudinale s'étalant sur une période de 20 ans. Au début de sa recherche, l'âge des sujets s'échelonnait de 10 à 16 ans, ce qui lui a permis de décrire le développement moral chez des enfants, des adolescents et de jeunes adultes. Il a ainsi distingué trois stades depuis la fin, grosso modo, du stade piagétien des opérations concrètes[184]. Il est sans doute opportun de rappeler ici que, selon Piaget et Inhelder,

> ..."l'affectivité constitue l'énergétique des conduites dont les structures correspondent aux fonctions cognitives, et si l'énergétique n'explique pas la structuration ni l'inverse, aucune des deux ne saurait fonctionner sans l'autre"[185].

Pour Rogers, le développement humain a un caractère essentiellement positif. La personnalité humaine tend à intégrer ses divers éléments et à établir des relations avec autrui. "Elle est mue, le plus souvent secrètement, par une acceptation inconditionnelle de soi-même et des autres, par ce qu'il faut bien appeler un amour, à condition d'enlever au terme toute nuance possessive"[186]. Ce qui assure l'unité de la personnalité, "c'est une unité de mouvement (...) qui est elle-même créatrice de structures"[187].

---

183. Idem, p. 120.

184. Kohlberg L., Moral stages and Moralization: The Cognitive Developmental Approach. In T. Lickona (Ed.) Moral Development and Behavior: Theory, Research, and Social Issues. New-York, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1978, pp. 31-53.

185. Piaget J., Inhelder B. La psychologie de l'enfant, P.U.F., 1967, p. 90.

186. Pagès M. Préface, In C.R. Rogers, Le développement de la personne. Paris, Dunod, 1960, p. V-II.

187. Idem, p. 9.

Le jeune enfant est curieux, avide de connaître, de découvrir, de résoudre des problèmes; dans son environnement, de nombreux éléments constituent un défi. "Ce qu'il y a de triste et de pénible dans la plupart des sytèmes d'éducation, c'est que, lorsque l'enfant a passé un certain nombre d'années à l'école, cette motivation spontanée se trouve pratiquement étouffée"[188]. L'éducateur doit donc s'efforcer "de débloquer cette motivation, de découvrir quels défis touchent vraiment les jeunes, et de fournir à ces jeunes l'occasion de les relever"[189].

S'exprimant au sujet de la recherche scientifique, Rogers reconnait que l'on ne peut séparer certaines démarches affectives des démarches rationnelles nécessaires à la recherche. "La science, écrit-il, trouve son impulsion initiale dans un individu déterminé qui poursuit des buts, des valeurs, qui présentent pour lui une signification personnelle et subjective"[190]. S'il désire réussir, le chercheur se plonge dans le travail en cause.

> "Il sent intuitivement le champ qui l'intéresse, il le vit. Il fait plus qu'y "penser", il laisse son organisme réagir à sa place, à la fois à un niveau conscient et à un niveau inconscient (...) De cette immersion totale et subjective provient une formation créatrice, un sens de la direction, une vague formulation de rapports inconnus jusque-là"[191].

Rogers et Piaget font ressortir tous deux l'aspect créatif du développement et d'une éducation scientifique adéquate. Rappelons que pour Piaget, "comprendre, c'est inventer, ou construire par réinvention"[192] comme il le soulignait lui-même dans un article déjà cité sur l'enseignement des sciences.

---

188. 189. Rogers C.R., Liberté pour apprendre. Paris, Dunod, 1973, p. 130.

190. Rogers C.R., Le développement de la personne. Paris, Dunod, 1966, p. 168.

191. Idem, p. 168 et 169.

192. Piaget J., Où va l'éducation. Paris, Denoël-Gonthier, 1972, p. 24.

Il existe de nombreuses définitions de la créativité ou du processus créateur. Rogers définit celui-ci comme étant "l'émergence dans l'action d'un produit relationnel nouveau, qui se détache de la nature unique de l'individu, d'une part, et des événements, des personnes ou des circonstances de sa vie d'autre part"[193].

Pour Torrance, l'un des auteurs les mieux connus en ce qui concerne la créativité, le processus créateur permet d'être sensible aux difficultés, aux problèmes, aux lacunes de l'information et aux dysharmonies. Ce processus préside à la définition des problèmes, à l'élaboration et à la vérification d'hypothèses, possiblement à une revision et à une revérification de celles-ci, ainsi qu'à une redéfinition du problème et finalement à la communication des résultats[194].

Après avoir analysé diverses descriptions de la créativité, notamment celles de Helmholtz, de Wallas, de Reichenbach et formulé la sienne propre, Stein a relevé dans les descriptions en cause, certains éléments communs, à savoir que l'individu créatif a passé plus ou moins de temps, parfois beaucoup, à acquérir une formation dans le domaine de son choix et qu'il y sélectionne un projet ou un problème qui, selon toute probabilité, sera modifié en cours de route. Un point important à signaler, entre autres, consiste en ce que le processus créateur ne se déroule pas sans vicissitudes. Il peut être interrompu à cause de la fatigue, de l'ignorance concernant la façon de procéder; néanmoins, le projet sera soumis à une incubation inconsciente ou non-consciente et il en résultera une attention à de nouvelles possibilités[195].

---

193. Rogers C.R., Le développement de la personne. Paris, Dunod, 1966, p. 247.

194. Torrance P.E., A Three Stage Model for Teaching for Creative Thinking. In Lawson A.E. (Ed.) The Psychology of Teaching for Thinking and Creativity. U.S.A., Ohio State University, AETS Yearbook, 1980, pp. 233-234.

195. Stein M.I., Stimulating Creativity. New-York, Academic Press, 1974, pp. 14-15.

Ce qui nous semble ressortir ici, c'est le rôle de l'inconscient dans le processus créateur. Piaget lui-même signalait d'ailleurs, à l'instar de Binet, qu'il existe un inconscient cognitif consistant en "un ensemble de structures et de fonctionnements ignorés du sujet, sauf en leurs résultats"[196]. Le grand psychologue genevois souhaitait "la fondation d'une psychologie générale portant simultanément sur les mécanismes découverts par la psychanalyse et sur les processus cognitifs"[197]. Nul doute qu'une telle discipline serait utile aux professeurs de sciences désireux de former de futurs chercheurs.

Il serait aussi opportun, nous semble-t-il de poursuivre la comparaison, entre autres, des théories abordées dans ce travail et de se demander quels éléments des théories en cause pourraient se compléter, et s'enrichir éventuellement par l'apport d'éléments d'autres théories. En ce qui concerne l'apprentissage et l'élaboration des programmes de sciences, il y aurait lieu de s'interroger sur la part qu'il convient d'accorder aux apprentissages réceptifs et à ceux qui correspondent à une découverte. Voilà quelques points sur lesquels devraient notamment porter les recherches.

---

196. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique. Paris, Denoël-Gonthier, 1972, p. 38.

197. Idem, p. 53.

II- ASPECTS PRATIQUES: RECHERCHES ET UTILISATION DE THÉORIES

De toutes les théories du développement, celle de Piaget, qui est la plus connue, a donné lieu, depuis une quinzaine d'années, au plus grand nombre d'applications et de recherches relatives à l'enseignement des sciences; c'est donc des études d'inspiration piagétienne que traitera surtout la deuxième partie de ce travail.

Les premières études de ce genre menées à l'extérieur de Genève, par exemple, celle de Lovell en Angleterre, semblent avoir eu pour but de vérifier la validité des théories de Piaget. Plusieurs travaux ont permis de penser que la succession des étapes décrites par Piaget semblait correspondre à la réalité, mais que beaucoup de jeunes et d'adultes n'atteignaient pas le stade des opérations formelles. D'autre part, on a émis l'hypothèse qu'il existait peut-être un cinquième stade, non décrit par Piaget.

Les jeunes qui n'avaient pas atteint le stade formel étaient-ils handicapés dans l'étude des sciences? Leurs résultats étaient-ils comparables à ceux de leurs camarades? Le besoin de répondre à ces questions a donné naissance à des recherches sur les relations entre le niveau de développement et les résultats obtenus en science. Toutes ces recherches nécessitaient l'usage de tests relatifs au développement cognitif. Or la technique utilisée par Piaget, qui recourait à des entrevues individuelles, exigeait beaucoup de temps. On a donc tenté d'élaborer des tests écrits, exigeant ou non l'usage de matériel et permettant autant que possible d'obtenir des résultats comparables à ceux des tests de Piaget.

Dans le but d'aider les élèves qui se situaient au stade opératoire concret, on a établi des programmes contenant des notions susceptibles d'être acquises à ce stade. On s'est aussi demandé si des programmes appropriés ne permettraient pas à ces élèves d'atteindre le stade formel. Vu la pluralité des hypothèses de base relatives à l'application

des théories de Piaget à l'enseignement, on peut distinguer diverses variétés de programmes et de techniques d'enseignement s'inspirant de celles-ci.

Les recherches portant sur chacun des thèmes que nous venons d'énumérer sont très nombreuses; chacun d'eux pourrait donner lieu à un ouvrage s'il était l'objet d'une étude approfondie. Mais ce n'est pas là notre propos. Nous nous bornerons à présenter brièvement quelques-unes des principales hypothèses, recherches et conclusions en cause.

A. Niveaux de développement.

a. A l'école secondaire et au collège

A première vue, les théories piagétiennes pouvaient inciter à croire que tous les individus normaux atteignaient le stade des opérations formelles. Des études vinrent vite montrer qu'il n'en était pas ainsi.

Dès 1961, dans un article intitulé A Follow-up Study of Inhelder and Piaget's The Growth of Logical Thinking[198], Lovell faisait état des résultats qu'il avait obtenus: certains sujets de ces expériences n'avaient pas atteint le stade des opérations formelles. Dans un ouvrage subséquent, Lovell résumait en quelques lignes les conclusions de ses recherches sur ce point:

> "Les grands stades de développement proposés par Inhelder et Piaget ont été confirmés par l'auteur parmi les enfants des écoles et collèges anglais, bien qu'il soit évident que les moins capables des élèves des collèges n'atteignent pas le stade des opérations formelles"[199].

---

198. Lovell K.A., Follow-Up Study of Inhelder and Piaget's The Growth of Logical Thinking. British Journal of Psychology, 1961, 52, pp. 143-154.

199. Lovell K.A., Psycho-pédagogie des enfants. Delachaux et Niestlé, 1967, p. 119.

Diverses recherches ont suivi. En 1971, à partir d'une étude menée aux États-Unis, Higgins-Trenk et Gaite concluaient ce qui suit:

> ... "normal adolescents are unlikely to reach the level of formal thinking until their late teens or early twenties if they reach it at all"[200].

Dans un sommaire relatif aux études s'inspirant de Piaget et concernant l'enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège, Chiapetta[201] présentait en 1976 les principales données d'une dizaine de recherches au cours desquelles on a utilisé au moins trois tests de type piagétien dans le cadre d'entrevues individuelles. Ces recherches permettaient d'affirmer, selon cet auteur, que la plupart des adolescents et des jeunes adultes (plus de 85% de cette population) des États-Unis ne semblent pas avoir atteint le stade des opérations formelles:

> The studies involve junior high school, high school, and college students (...) and support the statement that most adolescents and young adults (over 85% of this population) in the United States do not appear to be at the formal operational level of intellectual development"[202].

Voici entre autres quelques données relevées par Chiapetta et tirées des études de Renner et Stafford, de McKinnon et Renner et de Juraschek.

Renner et Stafford ont étudié le niveau de développement de 298 élèves de 7e, 8e et 9e années de l'Oklahoma. Ils ont utilisé six tests piagétiens. Selon les résultats, 77% des élèves se situaient au stade opératoire concret, 6% au stade formel et 13% à un stade intermédiaire. Les mêmes chercheurs ont poursuivi leurs recherches auprès d'élèves de

---

200. Higgins-Trenk A. and Gaite A.J.H., Elusiveness of Formal Operational Thought, Proceedings 79th Annual Convention of the American Psychological Association, 1971, pp. 201-202.

201. Chiapetta E.L., A Review of Piagetian Studies Relevant to Science Instruction at the Secondary and College Level. Science Education, 60, 2, 1976, pp. 253-261.

202. Idem, p. 252.

10e, 11e et 12e années du même état américain et ont eu aussi recours à six tests piagétiens. Chez les élèves en cause, 14% avaient atteint le stade formel, alors que 66% et 17% se situaient respectivement au stade concret, et à un stade de transition entre le concret et le formel[203]. Il est à noter que les résultats de ces recherches ont été publiés en 1972.

En 1971, McKinnon et Renner avaient présenté dans la revue American Journal of Physics[204], les résultats d'une étude portant sur 131 étudiants américains fréquentant le collège pour la première année. A l'aide de cinq tests piagétiens, ces chercheurs avaient trouvé qu'environ 25% des sujets de leur échantillon avaient accédé à la pensée opératoire formelle alors que 50% n'avaient pas dépassé le stade concret; les autres en étaient à un stade de transition.

L'étude de Juraschek[205] concerne certains groupes d'étudiants, à savoir 141 futurs maîtres de l'école élémentaire, 19 futurs professeurs de mathématiques et 11 étudiants poursuivant des études avancées en cette matière. Tous les sujets de ce dernier groupe avaient atteint le stade formel; 1% seulement du groupe précédent se situait au stade concret. Chez les futurs maîtres de l'école élémentaire cependant, 52% n'avaient pas dépassé le stade concret alors que 48% avaient atteint le stade formel.

A partir de son analyse des résultats de recherches, y compris de ceux qui viennent d'être relevés, Chiapetta concluait qu'un fort pourcen-

---

203. Idem, p. 254.

204. McKinnon J.W. and Renner J.W., Are Colleges Concerned with Intellectual Development? American Journal of Physics, 39, 1971, pp. 1047-1052.

205. Juraschek W.A., The Performance of Prospective Teachers on Certain Piagetian Tasks, unpublished doctoral dissertation. The University of Texas at Austin, 1974.

tage d'élèves et d'étudiants recouraient à un mode de pensée opératoire concret. Ce pourcentage varierait de 77 à 83.4% chez les élèves du "junior high school", de 22 à 85% chez les élèves du "high school" et de 0 à 52% chez les étudiants qui fréquentent le collège[206].

Par ailleurs, selon Lawson et Renner[207], un bon nombre de recherches récentes indiquerait que peut-être 40 à 75% des élèves des écoles secondaires n'ont pas atteint le stade formel. Ces auteurs font allusion notamment aux études de Karplus et Peterson (1970), de Higgins-Trenk et Gaite (1971), de Keasey (1970), etc.

A l'aide des tests écrits collectifs d'inspiration piagétienne, exigeant l'usage d'un matériel soit individuel, soit présenté devant la classe, Shayer et ses collaborateurs ont effectué en Angleterre une recherche concernant 10 000 élèves de 9 à 14 ans. D'après cette recherche, à peu près 24% des élèves de 14 ans auraient atteint au moins le début du stade formel[208]. Les mêmes chercheurs ont aussi étudié le niveau de développement cognitif de 1200 élèves de 15 à 16 ans provenant de neuf "comprehensive schools". Environ le tiers de ces élèves avaient atteint le niveau qui vient d'être mentionné[209].

---

206. Chiapetta E.L., A Review of Piagetian Studies Relevant to Science Instruction at the Secondary and College Level. Science Education, 60 (2), 1976, p. 255.

207. Lawson A. E. & Renner J.W., Relationships of Science Subject Matter and Developmental Levels of Learners. Journal of Research in Science Teaching, vol. 12, no. 4, 1975, p. 347.

208. Shayer M. and Wylam H., The distribution of Piagetian Stages of Thinking in British Middle and Secondary school Children II- 14 to 16 year-olds and sex differentials. British Journal of Educational Psychology, 48, 1978, p. 62.

209. Idem, p. 63

Au Québec, quelques études ont exploré le fonctionnement intellectuel des étudiants des collèges en s'inspirant des théories de Piaget. En 1978, Pierre Desautels, professeur de physique, publiait le compte rendu d'une recherche [210] portant sur une centaine d'étudiants poursuivant des études en sciences de la santé au cégep de Rosemont. Seulement 10% de ces étudiants semblaient se situer au stade formel.

En 1981, paraissait le rapport final d'une recherche de Mirette Torkia-Lagacé, professeur de physique. Ce travail s'intitule: La pensée formelle chez les étudiants du Collège I: objectif ou réalité[211]. L'auteur a élaboré un test papier-crayon d'inspiration piagétienne dont la troisième partie porte sur les critères généraux de la pensée formelle et propose des tâches appelées Énigmes[212]. Le test en cause a été administré à environ 6 000 étudiants francophones de la région administrative 03 lors de leur entrée au collège. Voici quelques-unes des conclusions de l'auteur:

> C'est dans la catégorie d'étude des sciences pures que l'on retrouve le plus grand pourcentage (41,9%) d'étudiants qui maîtrisent les raisonnements du stade formel. Les étudiants de la catégorie des sciences de la santé suivent avec un pourcentage de 29,3% (...) Les pourcentages de maîtrise des raisonnements caractéristiques du stade formel II de la partie "Énigmes" de notre test chutent ensuite graduellement de 17,3% à 1,9% selon les autres catégories d'études envisagées. Ces dernières constituent (...) 76% de notre population étudiante, et on peut dire qu'en moyenne seul 12% de ces 76% maîtrisent parfaitement le stade formel"[213].

---

210. Desautels P., La pensée formelle ou les liens entre le niveau de développement des structures de pensée et le succès académique ainsi que sur la possibilité d'accélérer la maturation de ces structures chez des étudiants de niveau collégial. Rapport de recherche, Collège de Rosemont, juillet 1978.

211. Torkia-Lagacé M., La pensée formelle chez les étudiants de Collège I: objectif ou réalité? Rapport final, Cegep de Limoilou, 1981.

212. Idem, p. 14.

213. Idem, p. 160.

Faisant allusion à une autre recherche effectuée au Cegep de St-Jérôme[214], l'auteur souligne que ce pourcentage lui semble très faible si on le compare à d'autres résultats et si l'on tient compte de l'âge et du niveau de scolarisation des étudiants[215].

b. A l'âge adulte

Si elles ne sont pas acquises à l'école secondaire ou au collège, les opérations formelles le seraient-elles plus tard? Long et ses collaborateurs[216] citent à ce sujet plusieurs résultats dont voici quelques exemples.

Chiapetta a administré le test piagétien sur l'équilibre de la balance à 15 professeurs de sexe féminin de Houston et a trouvé que 47% d'entre elles avaient atteint le stade formel. Lors d'une recherche de large envergure portant en partie sur 25 femmes de 20 à 48 ans et 25 femmes de 45 à 68 ans, Coleman a utilisé trois tests, à savoir l'épreuve relative à la conservation du volume, un test sur la capacité d'inférence et un test sur la logique combinatoire. Les deux groupes obtinrent un haut pourcentage au test sur la conservation du volume et le plus jeune, également, au test sur la combinatoire. Cependant, moins de 60% du groupe de 45 à 68 ans s'avéra de niveau formel à ce dernier test et seulement 20% au test d'inférence; 40% du groupe le plus jeune avait cependant recours aux opérations formelles dans ce dernier test.

Au cours d'une étude nécessitant la collaboration de plus de 90 sujets de diverses tranches d'âge (12 sujets de 6-7 ans pour l'ensemble

---

214. Tellier Jean., Développement intellectuel et apprentissage au niveau collégial. Cegep de St-Jérôme, mai 1979, p. 13-14.

215. Torkia-Lagacé M., La pensée formelle chez les étudiants de Collège I: objectif ou réalité? Rapport final, Cegep de Limoilou 1981, p. 160.

216. Long B., McCrary K., Ackerman S., Adult Cognition: Piagetian Based Research Findings. Adult Education, vol. 30, number 1, fall 1979, pp. 3-18.

des épreuves, 16 sujets pour chacune des autres tranches de 11-13 ans, 18-19 ans, 30-54 ans, 55-64 ans et plus de 65 ans), Papalia[217] a administré les trois tests de conservation de la substance, du poids et du volume. Les plus hauts résultats aux deux premiers tests, à savoir 100%, furent obtenus par le groupe de 18-19 ans, mais le plus haut résultat moyen fut l'apanage du groupe de 55 à 64 ans, dont 75% des sujets ont réussi le test de conservation du volume (contre 50% du groupe de 18-19 ans). Rappelons que ce test n'est réussi qu'aux débuts du stade formel, la raison en étant sans doute, selon Piaget, "que contrairement aux formes simples de conservation, dont le sujet se rend maître par simples compensations additives, la conservation d'un volume au cours de ses changements de forme, suppose l'intervention des proportions"[218].

Chez les adultes de 65 ans et plus, le rendement déclinerait pour ne s'élever respectivement qu'à 62%, 50% et 6% aux tests de conservation de la substance, du poids et du volume. D'autres recherches auraient permis d'observer un déclin chez les personnes âgées; cependant quelques études ne relèveraient chez celles-ci aucun signe de régression. Long[219] conclut que seules des recherches supplémentaires permettraient d'éclairer la question.

c. Un cinquième stade?

Le stade formel est-il le dernier stade du développement? Certaines études inciteraient à donner à cette question une réponse négative. A l'appui de cette position, Long[220] cite notamment les travaux de

---

217. Papalia D.E., The States of Several Conservation Abilities Across the Life-Span. Human Development, vol. 15, 1975, pp. 229-243.

218. Piaget J. Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, p. 34.

219. Voir la référence no 216, p. 11.

220. Idem, pp. 11 et 12.

Papalia, Mirza, Arlin et Dulit. Papalia aurait montré que le développement peut continuer au-delà de l'adolescence, vu que le résultat moyen du groupe de 55 à 64 ans est supérieur à celui des adolescents de 18-19 ans (la différence, en ce qui concerne la conservation du volume, est significative au seuil de $p = 0,05$)[221*]. Dans une enquête portant sur des sujets de 18 à 64 ans, Mirza[222] aurait obtenu, en ce qui a trait au stade formel, des résultats supérieurs à ceux que décrivent Piaget et Innelder. Certains sujets auraient fait preuve d'une plus grande capacité d'élaborer et de généraliser leurs conclusions; ils utiliseraient de meilleures façons de combiner les variables et, au test sur la combinaison de liquides, ils saisiraient mieux les relations entre ces derniers.

Afin de vérifier l'hypothèse d'un cinquième stade, caractérisé par la capacité de poser des problèmes et non pas de les résoudre seulement, Arlin [223] a administré à 60 étudiantes fréquentant le collège, des épreuves portant sur ces deux points. Les résultats indiqueraient que la capacité de poser des problèmes relèverait surtout de la saisie de relations et d'ensembles de questions, elle-même liée à la pensée combinatoire et à la capacité de vérifier systématiquement le rôle d'une variable, les autres étant maintenues constantes.

Dulit[224] propose une autre réponse. Au cours de ses recherches, il aurait observé l'existence de voies parallèles dans lesquelles les

---

221. Papalia D.E., The status of Several Conservation Abilities Across the Life-Span. Human Development, 15, 1972, p. 236.

222. Mirza M.S., A study of Cognitive Structure Among Adults: Piaget's Formal Operations Stage. Unpublished doctoral dissertation. University of Georgia, Athens, 1975.

223. Arlin P.K., Cognitive Development in Adulthood: A Fifth Stage? Developmental Psychology, vol. 5, 1975, pp. 602-606.

224. Dulit E., Adolescent Thinking a la Piaget: The Formal Stage. Journal of Youth and Adolescent, 1, 1972, pp. 281-301.

* Voir la note e en annexe p. 96.

adolescents peuvent cheminer. Certains d'entre eux, qui ne se situent pas pleinement au niveau formel, essaieraient de relier les problèmes à résoudre à quelque répertoire de problèmes et de solutions standards alors que d'autres, se fiant à leur inspiration, expérimenteraient les solutions qui leur viennent à l'esprit, sans toutefois pouvoir fournir beaucoup d'explications. Ayant noté que les sujets qui avaient parfaitement atteint le stade formel semblaient adopter une forme de pensée plutôt courante ("convergent style"), Dulit émet l'opinion que ce stade correspond à un type de pensée.

B. Tests et diagnostic

a. Considérations générales sur les tests s'inspirant de Piaget.

L'intérêt suscité par les résultats obtenus grâce aux épreuves de Piaget a amené certains chercheurs à élaborer des tests d'inspiration piagétienne, susceptibles de s'appliquer plus aisément que ceux de Piaget. S'assurer de la constance et de la validité de tels tests posait de graves difficultés.

La plupart des tests s'inspirant de Piaget sont des tests écrits comportant ou non des démonstrations ou l'usage d'un matériel individuel. En 1979, dans un article sur les recherches piagétiennes, Dorothy L. Gabel[225] présentait brièvement ses vues sur le degré d'équivalence de ces tests et de ceux de Piaget, sur le plan logique:

> "Some of these tests have a high degree of logical equivalence to Piagetian interview tasks in that the researcher demonstrates or has diagram, of Piagetian tasks followed by a series of questions. These questions use a free response or multiple choice format"[226].

---

225. Gabel D.L., Piagetian Research as Applied to Science Teaching to Secondary and College Students in Andersen, H.O. Ed., Science Education: A Probe for Tomorrow, Viewpoints in teaching and learning. Journal of the School of Education, Indiana University, vol. 55, number 1, Winter, 1979, 110 p.

226. Idem, p. 26

Dans cette catégorie de tests figurent, note Gabel, ceux de Gray (1973), Raven (1973), Lawson (1978), Renner (1977), Tisher (1971) and Staver (1978). Certains autres tests ont un degré d'équivalence moindre, poursuit l'auteur. Plusieurs tests écrits se réfèrent en effet à un schème piagétien, par exemple aux proportions, mais ne se composent pas exclusivement d'items fondés sur les épreuves piagétiennes. Parmi ces tests, Gabel mentionne ceux de De Lacy (1967), Bart (1970), Burney (1974), Nelson (1969) et de Shayer et Wharry (1974)[227].

D'autres tests se proposent de mesurer la pensée abstraite et logique, mais ressemblent peu aux épreuves de Piaget et d'Inhelder. Parmi ceux-ci, on peut classifier les tests de Case et Collinson (1962), de Keats (1955), de Longeot (1964) et de Shapiro et O'Brien (1970)[228].

Y-a-t-il des tests papier-crayon dont la valeur équivaut parfaitement à celle des entrevues piagétiennes? La réponse est négative et la probabilité d'une telle équivalence est infiniment petite, selon Gabel. Si l'on peut, à l'aide des tests déjà élaborés, mesurer le degré de développement des adolescents avec un assez grand degré de certitude, peut-être devrait-on maintenant utiliser les tests que l'on possède déjà dans des études expérimentales plutôt que d'en construire de nouveaux, conclut l'auteur[229].

Il existe, bien sûr, d'autres tests de développement cognitif que ceux qui ont été mentionnés dans ce travail, par exemple, l'Inventory of Piaget's Developmental Tasks de Furth (1970)[230], le Stadex collectif

---

227. 228. 229. Idem, p. 26.

230. Furth H., An Inventory of Piaget's Developmental Tasks. Washington D.C. Center for Research in Thinking and Language, Department of Psychology, Catholic University, 1970.

de Noelting (1973)[231], le Test of Logical Thinking (Tolt) de Capie et Tobin (1980)[232]. L'étude approfondie des tests de développement et des travaux auxquels ils ont donné lieu serait certes utile aux psychologues et, en particulier, aux professeurs de sciences.

b. Un exemple

Parmi les tests qui, selon leurs auteurs, sont utilisables en classe, nous choisirons, à titre d'exemple, celui de Lawson[233]. Ce test écrit nécessite l'usage de matériel devant la classe.

Dans l'article qui présente son test, Lawson souligne les inconvénients des épreuves qui ne comportent aucune démonstration. Celles-ci priveraient les élèves d'une source de motivation et d'information et feraient appel à des capacités de lecture et d'écriture différentes de celles que requièrent les opérations piagétiennes, même si elles y sont liées[234].

Se proposant de mesurer surtout la pensée formelle, le test de Lawson contient des items relatifs à la conservation du poids et du volume, à l'isolation et aux contrôles des variables, aux combinatoires, aux probabilités et aux proportions. Des items relatifs aux corrélations (re-

---

231. Noelting G., Stadex collectif Québec: Université Laval, Département de psychologie, série de dix épreuves de développement cognitif, 1973, 81 p.

232. Capie W. and Tobin K.G., Establishing Alternate Measures of Logical Thinking for use in Group Settings. Paper Presented at the Annual Meeting of the American Psychological Association, Montréal, September 1980.

233. Lawson H.E., The development and validation of a classroom test of formal reasoning. Journal of Research in Science Teaching, vol. 15, no 1, 1978, pp. 11-24.

234. Idem, p. 11.

lations entre deux ou plusieurs séries de variables) n'ont pu être ajoutés pour des raisons d'ordre technique. A chaque item, on a recours à une démonstration, soit pour poser la question, soit pour amener à prévoir la réponse; les élèves doivent donner celle-ci sur des livrets individuels.

A titre d'exemple, voici la teneur d'un item de chaque catégorie:

1. Conservation du volume: Le matériel requis pour cette expérience consiste en deux cylindres de métal de grosseur égale, mais de densité différente et de deux tubes de verre remplis d'eau à égale hauteur. On plonge dans l'un des tubes le cylindre le plus léger et l'on indique où se situe maintenant le niveau de l'eau. On demande ensuite aux élèves de prévoir quel sera le niveau de l'eau du second tube si l'on y plonge l'autre cylindre.

2. Proportions: A l'aide d'une balance à fléau, on prie les élèves d'indiquer à quelle distance du pivot de la balance on devra placer un poids de 5 unités pour qu'il soit en équilibre avec un poids de 10 unités suspendu à 7 unités de longueur de l'axe.

3. Contrôle des variables: On présente aux élèves trois pendules, deux étant d'égale longueur et de poids différents (50 et 100 grammes), le troisième étant plus long et portant un poids de 50 grammes. Les élèves doivent choisir le pendule qui devrait être utilisé dans une expérience visant à déterminer si la longueur joue sur la fréquence d'oscillation.

4. Raisonnement combinatoire: En se servant d'une boîte de métal munie de quatre interrupteurs de couleurs différentes et d'une lumière, on montre que la lumière peut s'allumer si l'on manoeuvre certains interrupteurs. On demande ensuite d'écrire la liste de toutes les combinaisons possibles dont l'essai permettrait de découvrir la ou les combinaisons en cause.

5. Probabilités: On place dans un sac trois carrés de bois jaunes et trois carrés de bois rouges. Les élèves doivent indiquer combien l'on a de chances de tirer un carré rouge du premier coup.

Le test, qui comprenait 15 items, fut administré en classe, à des élèves de 8e, 9e et 10e années. Pour chaque classe, la durée de l'administration du test varia entre 75 et 100 minutes réparties en deux périodes consécutives. Afin d'assurer la validité du test, on choisit au hasard un sous-échantillon de 72 sujets auxquels on administra individuellement quatre tests piagétiens[235]. L'auteur fournit une analyse statistique détaillée des résultats et conclut que ceux-ci confirment l'hypothèse que le test mesure des aspects des stades opératoires concret et formel ainsi que du stade intermédiaire[236].

c. Conseils relatifs au diagnostic, tirés du Guide de l'Unesco[237]

Pour procéder au diagnostic du développement des élèves, le maître peut observer ces derniers en classe, au cours de diverses activités et discussions. Il peut aussi leur présenter des problèmes auxquels ils doivent essayer de répondre, soit par écrit, soit au cours d'entretiens individuels ou de discussions en groupe. La première façon de procéder semble la plus utile en ce qui concerne le développement affectif. Si l'on désire obtenir des indications sur le développement intellectuel, on peut utiliser les deux approches, ce qui permet d'avoir une image plus complète des aptitudes de chaque élève.

---

235. Idem, p. 16.

236. Idem, p. 19.

237. Unesco, Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences. ONU, 1981, pp. 57 à 63.

Il existe peu de recherches sur le diagnostic du développement affectif lié à l'éducation scientifique. Selon le Guide de l'Unesco, "l'étude la plus pertinente est celle du projet Progress in learning science"[238]. Ce projet, qui vise notamment à diagnostiquer le développement des capacités et attitudes des élèves, énumère les huit attitudes suivantes qui devraient se développer en même temps que l'intellect: "la curiosité, l'originalité, la persévérance, la volonté de coopérer, la liberté d'esprit, l'autocritique, la responsabilité et l'autonomie"[239]. Par rapport à chaque attitude, le projet distingue des comportements caractérisant trois stades de développement. "Après des observations répétées par l'enseignant, on peut diagnostiquer le niveau de développement de chaque élève et l'enregistrer sur une fiche individuelle. On répète le diagnostic à certains intervalles de façon à pouvoir suivre l'élève et l'encourager dans ses progrès"[240].

Sur le plan intellectuel, le comportement d'un individu peut varier grandement selon les domaines dans lesquels il travaille. Il conviendra donc "de vérifier son niveau par rapport à plusieurs domaines différents de l'apprentissage, tels que les poids et la classification pour les jeunes élèves, l'énergie et les mesures pour les élèves plus âgés. Cette approche a été étudiée par Progress in Learning Science"[241].

Si l'on utilise les tests de Piaget à des fins de diagnostic, il sera opportun de tenir compte des conseils suivants:

---

238. Schools Council, Progress in Learning Science. London Schools Council, Information Section.

239. Unesco, Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences. ONU. 1981, p. 54.

240. Idem, p. 57.

241. Idem, pp. 57-58.

1. Présenter le test "comme un jeu ou un nouveau sujet de discussion"[242], afin que l'élève ne soit pas tendu ou ne se sente obligé de chercher la réponse attendue.

2. Laisser les élèves travailler à leur rythme. Si l'on présente le test à plus d'un élève, adapter celui-ci au rythme du plus lent.

3. Accepter sans distinction toutes les réponses.

4. Afin de mieux connaître le degré de compréhension des élèves, on peut leur demander de donner les raisons qui ont amené leurs réponses. On peut aussi faire varier le travail initial afin d'obtenir des résultats plus précis[243].

Les tests de Piaget peuvent être utilisés non seulement à des fins de diagnostic, comme on vient de le voir, mais aussi dans le cadre de recherches visant à établir des relations entre le niveau de développement et certaines variables, par exemple, les résultats en sciences.

C. Niveaux de développement et résultats en sciences

Selon Chiapetta, une analyse des recherches sur les relations entre le niveau de développement et les résultats obtenus en sciences indique que la majorité des adolescents et des jeunes adultes recourent à un mode de pensée opératoire concret face à une grande partie du contenu des cours de sciences, au secondaire et au collège. Le fait de ne pas utiliser toutes ses potentialités constituerait la règle plutôt que l'exception. C'est ce que permettraient d'affirmer, par exemple, les recherches de Farrell et de Dunlop et Fazio[244].

242-243. Idem, p. 59.

244. Chiapetta E.L., A Review of Piagetian Studies Relevant to Science Instruction at the Secondary and College Level. Science Education, 60 (2), 1976, p. 255.

Certains chercheurs ont poursuivi des études visant à savoir quels types de concepts pouvaient acquérir des élèves se situant au stade concret et au stade formel. Ainsi, après avoir distingué dans le domaine de la biologie, de la physique et de la chimie, des concepts concrets et des concepts formels et construit des tests susceptibles de mesurer l'acquisition de ceux-ci, Lawson et Renner ont administré les tests en cause, après chaque unité d'enseignement, à des élèves du "high school" ayant suivi des cours réguliers. Des tests piagétiens furent administrés à la fin de l'année scolaire. Dans les trois domaines, les élèves qui avaient atteint le stade formel ont réussi beaucoup mieux que les autres. Presqu'aucun des élèves se situant au stade concret ne maîtrisait les concepts formels alors que ceux qui avaient accédé à la pensée opératoire formelle montraient qu'ils avaient saisi les concepts concrets et les concepts formels[245].

D'autres recherches ont abouti à des résultats semblables, par exemple celle de Cantu et Herron[246] qui avait pour but d'étudier les effets d'une technique d'enseignement visant à faire acquérir, au secondaire, des concepts concrets et des concepts formels. Cette étude a porté sur 28 étudiants en chimie, choisis au hasard, dont 16 se situaient au stade formel et 12 au stade concret, d'après le test de Longeot. On a observé des différences significatives entre les résultats des sujets des deux groupes, à l'avantage de ceux qui avaient atteint le stade formel. Cependant les élèves qui n'avaient pas dépassé le stade concret réussissaient de façon très satisfaisante à saisir les concepts concrets[247].

---

245. Lawson A.E. Relationships of Science Subject Matter and Developmental Level of Learners. Journal of Research in Science Teaching, Vol. 12, no 4, 1975, pp. 347-358.

246. Cantu L.L. et Herron J.D. Concrete and Formal Piagetian Stages and Science Concept Attainment. Journal of Research in Science Teaching, Vol. 15, no 2, 1978, pp. 135-143.

247. Idem, p. 142.

On peut aussi mentionner l'étude de Lawson et de Nordland[248] au cours de laquelle on a administré à 23 élèves du secondaire, inscrits à un cours de biologie, des tests sur la conservation du poids et du volume s'inspirant de Piaget et un test de rendement en biologie (the BSCS achievement test). La corrélation obtenue entre les résultats de ce test et les épreuves sur la conservation était significative.

Dans un article publié en 1981 et intitulé Age and Developmental Level as Antecedents of Science Learning, Boulanger et Kremer[249] font notamment une synthèse quantitative des résultats des deux dernières recherches et de cinq autres travaux sur le même sujet. Les auteurs se proposent d'étudier, entre autres, les relations entre le développement mental, au sens piagétien et les résultats en sciences, qu'ils désignent par l'expression "cognitive achievement".

Voici comment Boulanger et Kremer présentent l'essentiel de leurs données sur ce point:

> Means correlations of developmental level with cognitive achievement (...) rise from 0.28 in grade seven to 0.63 in grade 9, and decline to 0.32 in grade 12. The grand mean is 0.40 with a standard deviation of 0.14. Only one study (Sare & Bale, 1975), reported correlations at each grade, 7-12, based on the same measures which were Piagetian interviews (developmental level) and student grades in science (cognitive achievement)"[250].

Il importe de noter que Bauman[251], un auteur mentionné dans la première partie de ce travail, a mis en évidence, au cours d'une recher-

---

248. Lawson A.E. et Nordland F.H., Conservation Reasoning Ability and Performance on BSCS Blue Version Examinations. Journal of Research in Science Teaching, 14(1), 1977, p. 69-75.

249. Boulanger D.F. et Kremer B.K., Age and Developmental Level as Antecedents of Science Learning. Journal of Research in Science teaching, vol. 18, no 4, 1981, pp. 371-384.

250. Idem, p. 373.

251. Bauman R.P., Applicability of Piagetian Theory to College Teaching. Journal of College Science Teaching, vol. VI number 2, november 1976, pp. 94-96.

che préliminaire menée dans un collège, une corrélation positive (qui a été vérifiée par la suite) entre les stades piagétiens et les résultats obtenus par les étudiants à un cours d'introduction en physique.

Enfin, soulignons qu'une recherche récente dont le compte rendu s'intitule "Correlations among cognitive development, intelligence quotient and achievement of high school biology students"[252] a permis de trouver qu'il existe des corrélations entre le développement cognitif, l'assimilation du contenu et la capacité de formuler des problèmes et des hypothèses, d'utiliser la littérature scientifique, de faire le plan d'expériences, d'interpréter des données et de synthétiser les connaissances nouvelles. Il existerait aussi une corrélation (r = .44) entre le QI et le développement cognitif qui, dans cette recherche, a été mesuré au cours d'entrevues individuelles, à l'aide de quatre tests piagétiens.

Ces résultats, conclut l'auteur, invitent à penser que les professeurs devraient considérer le développement cognitif comme un but éducatif hautement prioritaire.

Comme il existe peu de recherches sur les relations entre la créativité et le développement intellectuel considéré dans l'optique piagétienne, il nous semble opportun de signaler ici l'étude de Lehman et de ses collaborateurs. Le compte rendu de ce travail a été publié en 1981, dans Science Education[253].

Cette recherche, dont nous ne ferons pas ici une analyse détaillée, a porté sur des étudiants de deux "high schools" d'une même localité,

---

252. Marek E.A., Correlations among Cognitive Development, Intelligence Quotient, and Achievement of High School Biology Students. Journal of Research in Science Teaching, vol. 18, no 1, 1981, p. 9-14.

253. Lehman J.D., Kahle J.B., Nordland F., Cognitive Development and Creativity: A study in Two High Schools. Science Education, 65 (2), 1981, pp. 197-206.

l'un étant urbain et fréquenté surtout par des noirs, l'autre, rural et recevant surtout des blancs. Dans le premier "high school", on a choisi un échantillon de 66 sujets comptant 61 élèves de race noire (moyenne d'âge: 15,17 ans) et dans le second, un échantillon de 24 sujets, tous de race blanche (moyenne d'âge: 14,26 ans). Tous les sujets suivaient un cours d'introduction à la biologie[254].

Ayant administré un test de créativité et un test d'inspiration piagétienne*, les auteurs ont relevé que la corrélation entre le niveau de développement et la créativité semble varier en fonction des groupes et pourrait être liée à l'influence culturelle. Chez les élèves de race noire, on a trouvé une corrélation positive, généralement significative entre le développement intellectuel et la créativité, ce qui permettrait de penser qu'il existe une relation entre de hauts niveaux du développement de l'intelligence et de la créativité, tel que mesuré par les tests. Chez les élèves de race blanche, au contraire, les résultats obtenus laisseraient supposer que les plus hauts niveaux de développement peuvent ne pas correspondre aux plus hauts niveaux de créativité, et peuvent même correspondre aux plus bas. Les auteurs soulignent qu'il est difficile d'expliquer ce fait sans des recherches supplémentaires. Cependant, ajoutent-ils, on peut penser que l'on a accordé plus d'importance au raisonnement dans le milieu rural de race blanche, que dans le milieu urbain de race noire. Des discussions avec les professeurs des deux écoles ont laissé voir que dans le milieu rural, à l'intérieur des cours de sciences, on a mis l'accent sur des opérations logiques et des problèmes à résoudre qui seraient plus apparentés au test de développement cognitif qu'au test de créativité[255].

---

254. Idem, p. 199.

255. Idem, pp. 203 et 204.

* Voir la note f, en annexe, p.96.

Dans le même ordre d'idée, mentionnons une recherche effectuée à l'Université de Montréal par Téolindo[256], dans le cadre de la recherche "Evalensci", chez des élèves inscrits au cours de sciences de niveau 400. Le responsable de cette recherche, L. St-Marie conclut dans un rapport final que "la créativité augmente au cours d'une année, mais qu'aucun manuel moderne ou traditionnel en physique n'a plus d'influence sur cette augmentation que les autres"[257]*.

D. Acquisition de concepts, techniques d'enseignement et programmes d'éducation scientifique

Conscients de l'importance du niveau de développement et de l'état des connaissances au moment de l'apprentissage, certains chercheurs, s'inspirant ou non de Piaget ou d'un autre théoricien, ont essayé de voir comment les enfants et les adolescents acquéraient spontanément diverses notions ou quelles étaient leurs représentations spontanées. En effet, comme l'écrit G. Artaud, si l'on veut enseigner des "concepts scientifiques sans tenir compte du niveau de développement des concepts spontanés, on risque de faire mémoriser à l'apprenant des mots vides de sens ou de meubler son esprit d'abstractions sans référence à la réalité"[258].

---

256. Téolindo G., Influence des manuels utilisés dans l'enseignement de la physique, sur l'acquisition des habiletés liées à l'aspect "créatif" de la méthode scientifique. Thèse de doctorat, Université de Montréal, août 1978.

257. Ste-Marie Louis, Rapport final, Évaluation de l'enseignement des sciences au secondaire en fonction des objectifs généraux et particuliers de cet enseignement. Université de Montréal, septembre 1980, p. 216.

258. Artaud G., Savoir d'expérience et savoir théorique: pour une méthodologie de l'enseignement basée sur l'ouverture à l'expérience. Revue des sciences de l'éducation, vol. VII, no 1, hiver 1981, p. 140.

* Voir la note g, en annexe, p.96.

Utilisant diverses données sur les niveaux de développement et l'acquisition des concepts, on a pu poursuivre d'autres études et recherches sur les techniques et les programmes d'enseignement. Sans entrer dans les détails, cette section voudrait en relever quelques exemples et quelques résultats.

Parmi les chercheurs qui se sont intéressés à l'acquisition des concepts, citons à titre d'exemple, Erickson, l'auteur d'un article intitulé Children's Conception of Heat and Temperature[259], ainsi que Magali Bovet et Francis Halbwacks[260], qui ont publié, entre autres, un article sur "le poids et la masse en classe de sixième". Il importe aussi de mentionner les travaux relatifs aux obstacles épistémologiques à l'apprentissage, effectués sous la direction de Jacques Desautels, professeur à l'Université Laval. Certains de ces travaux traitent abondamment des représentations spontanées d'élèves du secondaire, notamment ceux de Mohammed Aberouch[261] et de Moulay Abdallah Mallouk[262], qui ont été menés au Maroc. Une autre de ces études, effectuée par Jacques Bélizaire[263], s'intéresse aux obstacles épistémologiques chez des étudiants de 2e année d'études collégiales.

---

259. Erickson G.L., Children's Conceptions of Heat and Temperature. Science Education. 63 (2), 1979, pp. 221-230.

260. Halbwachs F. et Bovet M., Le poids et la masse en classe de sixième. Revue française de pédagogie, no 53, oct. nov. déc. 1980, pp. 4-18.

261. Aberouch Mohamed, Les obstacles épistémologiques et l'origine sociale. Thèse de maîtrise, Université Laval, 1981.

262. Mallouk Moulay Abdellah, Différence dans les manifestations des obstacles épistomologiques chez des sujets de sexes différents. Thèse de maîtrise, Université Laval, 1981.

263. Bélizaire Jacques, Études des manifestations d'obstacles épistémologiques chez un groupe d'étudiants de niveau collégial II. Thèse de maîtrise, Université Laval, 1980.

En France, d'autres chercheurs étudient, dans une perspective didactique, les représentations des élèves et la construction des concepts scientifiques. Divers travaux ont été publiés à ce sujet dans les comptes rendus de journées sur l'éducation scientifique, tenues chaque année, en général, vers la même époque. Ainsi lors des premières rencontres, qui ont eu lieu à Chamonix, à la fin de janvier 1979, André Giordan, coordonnateur à l'Institut national de recherche pédagogique, et maintenant professeur à l'Université de Genève, présentait un exposé intitulé Une pédagogie des représentations[264]. L'auteur s'était proposé d'étudier l'acquisition des démarches expérimentales chez des élèves de 6e et 5e (6e et 1re sec.); il avait voulu "analyser les représentations des élèves dans les différents moments de ces démarches" et chercher globalement comment ils peuvent clarifier une situation, poser des problèmes, et "intégrer les divers moments" en cause. L'auteur tentait ainsi de "mettre en évidence les situations scolaires possibles et les types d'interventions pédagogiques favorables, pour permettre aux élèves d'éviter certains obstacles ou de les dépasser"...[265]

Ne se faisant pas d'illusions sur la possibilité de "maîtriser tous les paramètres" et de "trouver toujours des solutions dans la classe", Giordan voulait en particulier construire au cours de sa recherche des instruments aussi précis et objectifs que possible afin de discerner les difficultés éprouvées pendant l'apprentissage; il désirait aussi proposer un ensemble de moyens permettant de les surmonter "dans une optique de formation des maîtres"[266].

---

264. Giordan André, Une pédagogie des représentations, in C.N.R.S.-I.N.R.P., Université de Haute-Normandie, Les démarches scientifiques expérimentales, JES I, 1979, pp. 150-164.

265. Idem, pp. 152-153.

266. Idem, p. 153.

Après avoir donné divers exemples relatifs à l'acquisition des notions de moisissure et de germination, Giordan s'interroge sur ce que peut être une pédagogie fondée sur les représentations. Serait-ce une "pédagogie expositive, une pédagogie de prise de conscience ou basée sur la réfutation, ou une pédagogie strictement basée sur les représentations"?[267] L'auteur analyse les deux possibilités extrêmes et conclut:

> "Ces pratiques ne sont pas à rejeter, car elles peuvent jouer un rôle formateur à certains moments: la méthode expositive pour des élèves déjà bien initiés; la deuxième méthode au moment de l'initiation, pour amener les élèves à prendre du recul, à douter de leur façon de faire.[268]

En 1980, les journées de l'éducation scientifique portaient sur le thème suivant: Approche des processus de construction des concepts en sciences.[269] Les travaux, qu'il est impossible de résumer ici, se regroupaient autour de trois sous-thèmes que voici:

1- "Structures, niveaux et champs conceptuels"
2- "Méthodologie et prise en compte des représentations dans les stratégies éducatives"
3- "Construction d'une trame conceptuelle par les élèves et les étudiants"[270]

Certains exposés font allusion à des investigations psycho-génétiques de Piaget ou à des éléments de ses théories, par exemple, ceux de J.L. Martinand[271], de l'I.N.R.P. et de F. Halbwacks[272], de l'Uni-

---

267. Idem, p. 163.
268. Idem, p. 164.
269. C.N.R.S.-I.N.R.P, Approche des processus de construction des concepts en sciences. JES II, Paris 1980, 286 p.
270. Idem. p. 7 et 8.
271. Martinand J.L., Niveaux de formulation conceptuels et champs empiriques de références, exemple de la notion d'élément chimique. JES II, Paris 1980, pp. 21 à 34.
272. Halbwachs F., A l'aube de la mécanique classique, JES II Paris, 1980, pp. 35 à 40.

versité de Provence. D'autres se réfèrent à la théorie d'Ausubel ou à d'autres conceptions du développement cognitif et de la formation de l'esprit scientifique. Divers travaux explorent l'apprentissage des notions en classe ou l'acquisition de la méthode expérimentale et relatent des expériences précises. Citons, par exemple, les compte-rendus qui s'intitulent Apprentissage en situation de classe de la notion de pression de l'air en sixième et en cinquième[273] et Un exemple de restructuration de l'organisation conceptuelle à l'occasion d'un enseignement concernant la notion de chaleur[274]. Dans un autre article, qui traite de l'acquisition de la méthode expérimentale par la biologie, l'auteur conclut notamment que l'analyse des expériences en cause est "prometteuse de résultats positifs et encourageants en vue des progrès des élèves"[275].

Après avoir étudié les résultats de quelques recherches américaines sur les relations entre le niveau de développement et les résultats en sciences, Michael Padilla,[276] de l'Université de Georgie, se demande quel parti il convient de prendre en ce qui concerne l'enseignement. Si un grand nombre d'élèves n'ont pas atteint le stade formel, même en 12e année, et si les élèves qui se situent au stade opératoire concret ne parviennent pas à maîtriser les concepts formels, il existe deux possibilités, note Padilla. On peut centrer son enseignement sur

---

273. Sere M.G., Apprentissage en situation de classe de la notion de pression de l'air en sixième et en cinquième. JES II, Paris, 1980, pp. 107 à 120.

274. Tiberghien A., Un exemple de restructuration de l'organisation conceptuelle à l'occasion d'un enseignement concernant la notion de chaleur. JES II, Paris, 1980, p. 131-139.

275. Peeters-Mendès Da Costa, L'apprentissage de la méthode expérimentale par la biologie. JES II, Paris, 1980, p. 274.

276. Padilla Michael, Cognitive Development and Science Instruction: A Review of Some Recent Research Findings. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Science Teachers Association, Atlanta, Georgia, March, 1979, 14 p.

les concepts concrets, faisant peu de cas des idées scientifiques les plus abstraites ou tenter de mettre au point de nouvelles techniques d'enseignement qui recourent à des exemples concrets et à divers matériels pour présenter les concepts formels. Même si les données relatives à cette dernière façon de procéder doivent être complétées, il semble que, de fait, elle n'aide que les étudiants parvenus au stade formel. Aussi, devrions-nous, comme le recommandent certains chercheurs, soit attendre que les élèves puissent acquérir les notions abstraites, soit atténuer la complexité de celles-ci afin de les rendre accessibles aux élèves qui n'ont pas dépassé le stade concret[277].

Doit-on se limiter à cela, sans tenter d'élever en même temps le niveau de pensée des étudiants? Certainement non, répond Padilla. A son avis, nous devrions redoubler d'efforts pour trouver à cette fin des techniques d'enseignement efficaces et applicables en classe[278].

De fait, diverses recherches visant à accélérer le développement sous certains aspects ont déjà été effectuées, entre autres des recherches visant à accroître la capacité de raisonner sur le plan scientifique. En 1977, Levine et Linn ont fait une synthèse de ces travaux, qui seraient efficaces à certaines conditions. Les auteurs soulignent que les études en cause ont une portée limitée et ne démontrent pas que les schèmes acquis peuvent s'étendre à d'autres domaines:

> "In general, the training studies have fostered logical thinking in only one relatively narrow area of problem solving. They have not attempted to demonstrate that the subjects' newly acquired skills have generalized to other related areas (...) It is not known whether these training programs have actually disrupted Piaget's sequence of stage, or whether they have only encouraged or accelerated their appearance"[279].

---

277. 278. Idem, p. 6.

279. Levine D.I. Linn C.M. Scientific Reasoning Ability in Adolescence: Theoritical Viewpoints and Educational Implications. Journal of Research in Science Teaching. vol. 14, no 4, 1977, p. 380.

Dans le cadre d'une étude publiée en 1981, et intitulée Instruction and science learning: a quantitative synthesis, Boulanger[280] distingue plusieurs catégories de recherches dont l'une regroupe des travaux relatifs à l'entraînement à la pensée scientifique. Dans cette catégorie, sept études sur neuf portent sur l'un des aspects de la théorie de Piaget reliés aux opérations logiques. L'auteur conclut ce qui suit:

> "Training in scientific thinking, especially the use of logical operations, is effective in terms of cognitive outcomes when conducted on an individual basis by a special teacher"[281].

Parmi les études que concerne cette conclusion, mentionnons celles de Howe et Mierzwa[282], de Bredderman[283], de Lawson et Wollman[284], etc. Tous les travaux en cause ont trait à des élèves du secondaire, sauf l'un, qui touche des élèves de 5e et 6e années du primaire.

En ce qui concerne l'enseignement post-secondaire, des programmes ont été élaborés afin d'accroître le niveau intellectuel des étudiants. A l'Université Xavier de Louisiane, par exemple, le programme Soar (Stress on Analytical Reasoning) est destiné a des élèves qui vont entrer au collège, mais qui n'ont pas franchi le seuil qui sépare le stade concret

---

280. Boulanger F.D., Instruction and Science Learning: a Quantitative Synthesis. Journal of Research in Science Teaching, vol. 18, no 4, 1981, pp. 311-327.

281. Idem, p. 319.

282. Howe A.C. et Mierzwa J., Promoting the Development of Logical Thinking in the Classroom. Journal of Research in Science Teaching, 1977, 14, 467-472.

283. Bredderman T.A., The Effects of Training on the Development of the Ability to Control Variables. Journal of Research in Science Teaching 1973, 10, 189-200.

284. Lawson A.E. et Wollman W.T., Encouraging the Transition from Concrete to Formal Cognitive Functioning: An Experiment. JRST, 1976, 13, 413-430.

du stade formel, et qui, par conséquent, ont peu de chances de réussir en mathématiques et en sciences. A peu près les trois quarts des étudiants obtiennent des résultats plus élevés à la fin du cours qu'au début; une analyse rigoureuse indique que les différences observées sont significatives[285].

Un autre cours, intitulé DORIS (Development of Reasoning in Science), vise à développer les capacités de raisonnement scientifique. Il porte sur la logique combinatoire, la dissociation et le contrôle des variables, le raisonnement hypothético-déductif, etc. Après trois semestres, on peut conclure que ce cours, qui s'étend sur un semestre, permet d'obtenir des résultats significatifs sur le plan statistique[286].

Lors du Congrès de la National Association for Research in Science Teaching, tenu en avril 1981, quelques travaux sur le développement des capacités mentales ont été présentés, par exemple, ceux de Lamb[287] et de Lawson, [288] qui portaient sur l'acquisition du raisonnement formel à l'école secondaire et au collège. Ces expériences se sont avérées fructueuses.

---

285. Hunter Jacqueline et all, Project Soar in Killian C. Rodney, Ed. Reasoning, Piaget and Higher Education, Conference Proceedings 80. Papers presented at the National Conference of Reasoning, Piaget and Higher Education (1st, Denver Co, April 10-11, 1980), p. 16.

286. Collea Francis P. Doris, Development of Reasoning in Science, a Course in Abstract Thinking, in Killean C. Rodney, Ed. Reasoning, Piaget and Higher Education, Conference Proceedings 80. (1st, Denver C.O. April), p. 16.

287. Lamb W., The Acquisition of Formal Reasoning Ability Via a Neo-piagetian Treatment, in NARST and ERIC. Abstracts of Presented Papers. NARST - 1981, pp. 102-103.

288. Lawson A.E., Teaching Formal Reasoning in a College Biology Course for Pre-service Teachers in NARST and ERIC, Abstracts of Presented papers, NARST, 1981, pp. 104-105.

Récemment, Science Éducation publiait le compte rendu d'une recherche menée par West[289] et s'inspirant d'Ausubel. Cette étude se proposait de vérifier l'hypothèse selon laquelle certains aspects d'ordre sémantique du savoir de l'élève jouent un rôle dans l'acquisition de schèmes intellectuels, lequel correspondrait à ce qu'Ausubel appelle "subsumption". Cette recherche, qui se rapportait à la chimie, concernait des élèves de 11e année. A la suite de celle-ci, l'auteur se dit plus confiant dans la possibilité d'appliquer la théorie d'Ausubel à des apprentissages du même genre que ceux qui ont fait l'objet de son travail[290].

Conclusion

Au cours de cet exposé, diverses questions qui devraient susciter des études et des recherches plus précises ont été soulevées. Elles concernaient entre autres, la comparaison et l'amélioration des théories, la valeur et l'utilisation des tests, les relations entre le niveau de développement et certaines variables, par exemple, la créativité et les styles cognitifs, les techniques d'enseignement et d'apprentissage, notamment la part qu'il convient de donner aux apprentissages réceptifs et aux découvertes de la part de l'élève, etc.

Piaget souhaitait, rappelons-le, la fondation d'une psychologie générale portant à la fois sur les mécanismes décrits par la psychanalyse et les processus cognitifs qu'il a distingués[291]; ne conviendrait-il pas d'étendre cette recherche aux diverses théories du développement de

---

289. West Lt and Kellett N.C., The Meaningful Learning of Intellectual Skills: An Application of Ausubel's Subsumption Theory to the Domain of Intellectual Skills Learning. Science Education, 65 (2), 1981, pp. 207-219.

290. Idem, p. 218.

291. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique. Paris, Denoël-Gonthier, 1972, p. 53.

l'intelligence, de l'affectivité et de la créativité et de s'interroger sur la façon dont ces diverses théories peuvent s'enrichir et se compléter? Il faudrait aussi poursuivre des recherches sur les applications de ces théories à l'enseignement et à l'étude des sciences, comme à l'acquisition d'une formation scientifique adéquate.

A partir des théories actuelles, plusieurs travaux déjà ont été faits, dont nous avons donné quelques exemples. Une étude plus approfondie et une synthèse plus élaborée de ces travaux serait sans doute nécessaire avant de construire un plan de recherches expérimentales, qui, bien sûr, devrait tenir compte des derniers développements de la théorie. Parmi les points susceptibles de retenir l'attention par rapport à l'éducation scientifique, mentionnons les suivants: les conséquences de l'utilisation des techniques inspirées de Piaget et des néo-piagétiens; les résultats de l'application des théories non-piagétiennes de l'intelligence; le développement de l'affectivité et de la créativité à l'aide de diverses théories, et ses répercussions sur le développement intellectuel, tel que perçu par divers auteurs; les effets de la recherche spontanée et de l'apprentissage par la découverte et son dosage par rapport à l'initiation à la science moderne qui, semble-t-il, ne peut aller sans une certaine part d'apprentissages réceptifs; la façon de motiver les élèves vis-à-vis ces apprentissages; la distance à observer ou à ne pas dépasser entre les schèmes d'assimilation de l'élève et la matière à présenter; les façons les plus adéquates de mesurer le développement; l'adaptation des programmes de sciences aux élèves et aux exigences du monde actuel; la formation des maîtres dans le domaine de la psychologie du développement et la capacité d'en tenir compte dans l'éducation scientifique, etc.

Plutôt que de formuler de façon plus détaillée certaines questions énumérées ci-dessus, nous voudrions apporter en terminant un éclairage nouveau sur certains problèmes à l'aide des réflexions de quelques auteurs.

En ce qui a trait aux travaux sur l'accélération du développement, nous voudrions mettre en évidence les remarques de Shayer. Tout en soulignant qu'il croit possible l'accélération du développement, cet auteur émet l'idée qu'une foi inconditionnelle en cette possibilité peut amoindrir les progrès réels dans la compréhension des sciences. Selon Shayer, il conviendrait d'attendre les résultats de recherches indiquant combien d'années se maintiennent les gains observés et si ces derniers peuvent survenir à certaines périodes seulement. Il importerait aussi de savoir quels types de personnalités peuvent bénéficier d'améliorations qui s'avèrent permanentes, s'il y a lieu[292].

Par rapport aux problèmes divers relatifs à l'enseignement des sciences, Levine et Linn formulaient, en 1977, quelques réflexions qui nous semblent toujours d'actualité.

Pour les éducateurs, commentent Levine et Linn, l'une des découvertes les plus importantes consiste en ce qu'un petit nombre d'adolescents seulement peuvent contrôler des variables dans une situation familière et atteindre le stade formel: l'expérience concrète peut donc faciliter l'apprentissage chez la plupart des élèves.

Dans la situation actuelle, qui n'apporte pas de réponses définitives, les programmes prévoyant divers modes d'apprentissage ou plusieurs façons d'enseigner les mêmes principes sont probablement plus utiles que les programmes fondés sur une seule théorie. On peut offrir une large étendue de choix et présumer que les élèves choisiront ce qui convient le mieux à leurs capacités.

Les programmes incitant les élèves à manipuler divers matériels sont d'un grand profit. Des recherches incitent à penser qu'il convient

---

292. Shayer M. et all., Group Tests of Cognitive Development. Ideals and a Realization. Journal of Research in Science Teaching, vol. 18, no 2, 1981, p. 166.

de joindre aux techniques en cause des stratégies d'enseignement spécifiques, ou de recourir à des expériences provoquant des conflits sur le plan cognitif.

Après avoir observé l'évolution des capacités de raisonnement au cours de l'adolescence, on peut conclure que les méthodes utilisées par les élèves pour organiser des données sont particulièrement importantes et que les programmes devraient mettre l'accent sur les diverses stratégies permettant de résoudre des problèmes[293].

En ce qui concerne l'enseignement post-secondaire, Catherine C. Warrick préparait en 1980 un agenda de recherches pour la prochaine décennie. Cet agenda a été proposé dans le cadre d'une conférence intitulée Reasoning, Piaget and Higher Education.

Les questions que devrait éclairer la recherche, d'après C. Warwick, concernent divers aspects du développement, et en particulier la façon de faciliter le développement cognitif. Voici un bref aperçu des principaux points abordés par l'auteur.

Quelle est la meilleure façon de favoriser le développement cognitif? Deux grandes hypothèses ont été formulées à ce sujet et nous ne savons pas encore laquelle correspond le plus à la réalité: suffit-il de créer des situations, de présenter des matériels et des problèmes qui amènent l'étudiant à atteindre un niveau immédiatement supérieur au sien? Ou doit-on intervenir plus directement au moment approprié?

Il convient de s'interroger en outre sur ce qui constitue les opérations formelles dans des disciplines telles que l'histoire, la littérature, la sociologie et sur la façon dont se relient au développe-

---

293. Levine D.I., Linn Marcia C. Scientific Reasoning Ability in Adolescence: Theoritical Viewpoints and Educational Implications. Journal of Research in Science Teaching, vol. 14, no 4, 1977, p. 381.

ment cognitif décrit par Piaget, les divers stades du développement moral et psycho-social distingués par divers autres auteurs. De plus, certains aspects du fonctionnement intellectuel devraient être étudiés en rapport avec la théorie du développement cognitif de Piaget. À ce sujet, l'auteur signale que certains styles cognitifs semblent caractériser des élèves n'ayant pas dépassé le stade concret et que l'on ne devrait pas laisser ceux-ci s'y accrocher, si par suite de ce fait ils n'atteignaient pas le stade formel.

Une autre question soulevée par C. Warrick concerne le rôle que joue la culture dans l'apparition de certains stades chez divers groupes[294]. Traitant d'un sujet connexe, Piaget signale que dans les tribus où l'on soumet l'adolescent à des cérémonies rituelles d'initiation, le but principal de l'éducation n'est pas "le plein épanouissement de la personnalité, mais au contraire la soumission de celle-ci au conformisme social et la conversion intégrale des représentations collectives"[295]. Dans le même ordre d'idée, Piaget se demande si l'école traditionnelle, par la soumission qu'elle exige et l'obligation qu'elle impose d'enregistrer des connaissances pour réussir les examens, ne crée pas une situation s'apparentant aux rites d'initiation...

> "Proclamer que l'éducation vise au plein épanouissement de la personnalité, c'est donc affirmer que l'école doit différer d'un tel modèle classique et qu'il peut exister une synthèse entre la formation de la personne et son insertion à titre de valeur sociale dans les cadres de la vie collective"[296].

Pour Piaget, viser à épanouir la personnalité humaine et à renforcer les droits de l'homme et les libertés fondamentales, c'est "former

---

294. Warrick C.M., Piaget: An agenda, Not an Answer for the 80s in Killian C. Rodney Ed. Reasoning, Piaget and Higher Education. Conference Proceedings 80 (Ist.) Denver C.O. April 10-11, 1980, pp. 7-13.

295. Piaget J., Où va l'éducation. Paris, Denoël-Gonthier, 1972, p. 84.

296. Idem, pp. 84 et 85.

des individus capables d'autonomie intellectuelle et morale et respectant cette autonomie chez autrui en vertu précisément de la règle de réciprocité qui la rend légitime pour eux-mêmes"[297]. Ce système de réciprocités implique simultanément "une discipline autonome et une décentration fondamentale de l'activité propre"[298].

Les méthodes actives, que préconise Piaget, supposent "nécessairement" l'intervention d'un milieu collectif à la fois formateur de personnalité morale et source d'échanges intellectuels organisés"[299]. Stimulations réciproques, contrôle mutuel et exercice de l'esprit critique seuls conduiront l'individu au besoin de démonstration et à l'objectivité. Car, on l'a déjà souligné, "les opérations de la logique sont, en fait, toujours des coopérations et indiquent un ensemble de rapports de réciprocité intellectuelle et de coopération à la fois morale et rationnelle"[300]. L'école active suppose, selon Piaget, une alternance du travail individuel et du travail de groupe, la vie collective s'étant "révélée indispensable à l'épanouissement de la personnalité sous ses aspects même les plus intellectuels"[301].

S'il adopte les "méthodes actives", le maître devra créer des situations, poser des problèmes ajustés à l'élève, utiliser, s'il y a lieu, des dispositifs adéquats et obliger au contrôle des solutions hâtives. Il devra, en un mot, stimuler "la recherche et l'effort au lieu de se contenter de transmettre des solutions toutes faites"[302].

---

297. Idem, p. 86.

298. Idem, p. 105.

299. Idem, p. 101.

300. Idem, pp. 101 et 102.

301. Idem, p. 102.

302. Idem, p. 20.

Pour assumer pleinement ses fonctions, il est nécessaire que "le maître-animateur ne connaisse pas que sa science à lui et soit renseigné de très près sur le détail du développement psychologique de l'intelligence enfantine ou adolescente"[303] et aussi sans doute sur les limites des théories et sur leurs possibilités d'amélioration. Même la théorie de Piaget, quoique très féconde et source d'innombrables recherches, n'a pas "la prétention d'épuiser un objet de connaissances aussi complexe que l'intelligence", comme l'écrit Jacques Desautels dans un article récent[304].

Il convient sans doute de rappeler ici que la transformation de la didactique dépend d'autres facteurs que des connaissances et du zèle du maître. Au terme d'un ouvrage très élaboré intitulé "Immobilisme et novation dans l'éducation scolaire, Avanzini en précise les conditions qui seraient "d'une part, l'émergence d'un objectif clair, qui, circonscrivant un type d'homme et de société philosophiquement argumenté, soit adopté par un groupe souverain, c'est-à-dire de type politique"[305], capable de mettre sur pied un système d'éducation assurant sa survie; d'autre part "la disponibilité de techniques d'enseignement et de travail fixées par référence à lui"...[306].

Et le même auteur de souligner ailleurs que la didactique n'est pas immédiatement déductible de la psychologie et que des tentatives de renouveau ont échoué faute de l'avoir oublié,

> ... car la science de l'écolier (...) n'est pas un bloc univoque, achevé et indiscutable, dont tous dégageraient les mêmes conséquences et, en outre, une méthode doit également prendre en consi-

---

303. Idem, p. 21.

304. Desautels Jacques, Le stade formel - Aristote l'avait-il atteint? La Revue Impact. Mai 1982, no 1.

305. Avanzini G., Immobilisme et novation dans l'éducation scolaire. Toulouse, Privat, 1975, p. 280.

306. Idem.

dération les exigences internes des contenus retenus, quels qu'ils soient et même si c'est l'enfant qui les arrête"[307].

Si l'on reconnaît le bien-fondé de ces affirmations et si l'on admet qu'une méthode comporte trois composantes, la première ayant trait aux finalités, la seconde procédant "des connaissances acquises à une époque déterminée sur la structure intrinsèque des techniques et disciplines inscrites au plan d'études"[308], la troisième étant liée à "la représentation régnante de la psychologie de l'enfant"[309] ou de l'adolescent, on arrivera sans doute à la conclusion qu'une didactique des sciences appropriée aux élèves ne peut être que le fruit d'incessants travaux de recherches dans les écoles et les collèges.

Thérèse Labonté

---

307. Idem, p. 46.

308. Idem, p. 22.

309. Idem, p. 22.

ANNEXE

a. Les schèmes de la conduite sont "le canevas des actions susceptibles d'être répétées activement"[1]. Autrement dit, un schème permet de répéter la même action et de l'appliquer à de nouveaux contenus.

Au niveau sensori-moteur (de la naissance à un an et demi environ), l'enfant pourra répéter les mêmes activités, par exemple porter des objets à la bouche ou les frapper contre le mur, et reconnaître les objets en leur attribuant une signification en fonction d'un schème (certains objets peuvent être mangés, d'autres non). Il y aura là assimilation[2]. Le schème se différenciera en fonction de situations nouvelles; il y aura alors accomodation[3].

b. Un schème opératoire, est selon Piaget "une méthode de composition réversible"[4]. Il y aura donc des schèmes opératoires concrets et des schèmes opératoires formels.

c. Nous donnerons ici de brèves explications sur les trois schèmes opératoires formels suivants: la coordination de deux systèmes de références, les proportions et les probabilités.

---

1. Piaget J., La psychologie de l'intelligence. Paris, Armand Colin, 1964, p. 13.

2. Battro A., Dictionnaire d'épistémologie génétique. Paris, P.U.F., 1966. p. 18.

3. Idem, p. 3.

4. Piaget J., Inhelder B., Le développement des quantités chez l'enfant. Neuchatel, Delachaux et Niestlé, 1962, p. 133.

1. La coordination de deux systèmes de références

Pour illustrer ce schème, Piaget se réfère à une expérience effectuée à l'aide d'un dispositif constitué d'une planchette sur laquelle se déplace un escargot. On imprime à la planchette "des mouvements dans le même sens que celui de l'escargot ou en sens inverse"[5]. Il s'agit ici de comprendre "qu'un mouvement de gauche à droite de l'escargot puisse être compensé par un déplacement de droite à gauche de la planchette, l'escargot restant alors sur place (par rapport au système de référence immobile) sans avoir effectué de déplacement inverse"[6]. Ce problème ne sera résolu qu'au stade formel, lorsque sera acquise "la structure* de quaternalité"[7]. Cette fois, on a "I.R. = N.C. ou (I, est par exemple la marche à droite de l'escargot; (R), la marche à gauche de la planche; (N), la marche à gauche de l'escargot; et (C), la marche à droite de la planche"[8]. En d'autres termes, la question est de "coordonner deux systèmes comportant chacun une opération directe et une inverse, mais l'un des systèmes étant à l'égard de l'autre dans une relation de compensation ou de symétrie"[9].

---

5. Piaget J., Inhelder B. De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, p. 282

6. Idem.

7. Piaget J., Inhelder B., La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F., 1968, p. 113.

8. Idem.

9. Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent, Paris, P.U.F., 1970, p. 282.

* On a dit plus haut que les schèmes opératoires se coordonnent en structures d'ensembles; les structures sont, selon Piaget, "les formes d'équilibre vers lesquelles tendent les coordinations intellectuelles du sujet".

2. Les proportions et les probabilités

Dès 11-12 ans, la notion de proportion apparaît sous une forme qualitative, dans des domaines très différents (espace, temps, probabilité, équilibre, équilibre de la balance).

Nous nous arrêterons ici au cas de l'équilibre de la balance. Dans l'expérience effectuée sur ce sujet, Piaget a utilisé une balance comportant un fléau muni de trous auxquels on peut accrocher des objets à divers intervalles[10]. L'enfant commence à saisir la notion d'équilibre lorsqu'il "s'aperçoit qu'il y a équivalence chaque fois que, d'un côté, il augmente un poids sans changer la longueur, et de l'autre, il augmente la longueur sans changer le poids"; il peut ensuite formuler et vérifier l'hypothèse[11] "qu'en partant de deux poids égaux à mêmes distances du centre on conserve l'équilibre en diminuant l'un, mais en l'éloignant, et en augmentant l'autre, mais en le rapprochant du centre"[12]. Après ces démarches, l'enfant en viendra à établir les proportions $\frac{P}{L} = \frac{2P}{2L}$ mais il ne pourra les découvrir "qu'à partir de la proportion qualitative précédente"[13]. Piaget explique comment "le schème de la proportionnalité est très directement tiré du groupe de quaternalité", "sous la forme I/R = C/N d'où les produits croisés IN = RC"[14].

En ce qui a trait aux probabilités, soulignons avec Piaget que pour se prononcer sur la probabilité de tirer au sort des couples ou des trios à partir, par exemple, d'un ensemble comprenant un nombre différent de

---

10. Idem, pp. 145 à 158.

11. Piaget J., Inhelder B., La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F., 1968, p. 112.

12. Idem, pp. 112 et 113.

13. 14. Idem, p. 113.

boules rouges, bleues ou vertes, il faut pouvoir maîtriser, entre autres, certaines opérations formelles, à savoir "une combinatoire, permettant de tenir compte de toutes les associations possibles en jeu et un calcul de proportions, si élémentaire soit-il, permettant de saisir (...) que des probabilités telles que 3/9 ou 2/6, etc., sont égales entre elles".

d. Des recherches éclairant les décalages horizontaux dans la sériation des longueurs et des poids ont été effectuées par divers auteurs. Comme ces travaux nous semblent concerner surtout des élèves du primaire, nous ne fournirons sur cette question que quelques références, à titre d'exemples:

- Baylor G.W., Bascon J. An Information Processing Theory of Aspects of the Development of Weight Seriation in Children. Cognitive Psychology, no 6, 1974, pp. 1 - 40.

- Baylor G.W., Lemoyne G. Experiments in Seriation With Children Towards on Information Processing Explanation of the Horizontal Decalage. Canadian Journal of Behavioral Science, vol. 7, no 1, 1975, pp. 4 - 27.

- Gilliéron C., Le rôle de la situation et de l'objet expérimental dans l'interprétation des conduites logiques. Les décalages et la seriation. Archives de psychologie, 1976, 44, monogr. no 3.

- Retschistzki J., L'évolution des procédures de seriations. Étude génétique et simulation. Archives de psychologie, 1978, XVLI, monogr. no 5.

Un bref résumé des résultats de ces travaux est présenté dans le no 345 du Tome XXXIII du Bulletin de psychologie, pp. 660 et suiv. (mai - juin 1980).

e. Du point de vue statistique, on dit qu'une différence ou une corrélation sont significatives à tel ou tel seuil, selon qu'elles correspondent à tel ou tel niveau de probabilité, en d'autres termes selon qu'elles ont tel ou tel pourcentage de chances de s'obtenir au hasard. Pour qu'une différence soit considérée comme significative, les uns suggèrent le niveau de 5% de probabilité. Cependant, comme dans les sciences sociales, "l'échantillonnage parfait est beaucoup plus difficile (...) certains auteurs recommandent le niveau de 1% de probabilité"[15]. Il arrive néanmoins que plusieurs chercheurs, sans doute confiants dans la valeur de leur échantillonnage, mentionnent des différences significatives au seuil de 10%, c'est-à-dire qui ont 10% de chances de se produire au hasard.

f. L'épreuve de créativité utilisée dans cette recherche fut la forme A du Test de Torrance (Torrance Tests of Creative Thinking, verbal and figural). Comme épreuve d'inspiration piagétienne, on a choisi le test de Lawson, publié en 1978.

g. Dans le cadre de cette recherche, on a utilisé, pour mesurer la créativité chez les élèves, les jeux 1, 2, 3 et 5 de la forme A du test de Torrance, intitulée "Montrez votre imagination avec des mots"

Comme on le sait, le test de Torrance a été traduit en français et publié sous le titre: Test de pensée créatrice de E.P. Torrance.

L'attitude du professeur face à la créativité des élèves a été mesurée grâce au test de Rokeach, formule "E"[16].

---

15. Dayhaw L.T. Manuel de statistique, 3e édition, Ottawa, Université d'Ottawa, 1966, p. 328.

16. Ste-Marie L. Rapport final. Évaluation de l'enseignement des sciences au secondaire en fonction des objectifs généraux et particuliers de cet enseignement. Université de Montréal, sept. 1980, p. 115.

BIBLIOGRAPHIE

Aberouch M., Les obstacles épistémologiques et l'origine sociale. Thèse de maîtrise, Université Laval, 1981.

Allen D., Intellectual Development and Understanding of Science: Applications of William Perry's Theory to Science Teaching. Journal of College Science Teaching, november 1981, pp. 94-97.

Arlin P.K., Cognitive Development in Adulthood: a Fifth Stage? Developmental Psychology, 5, 1975, pp. 602-606.

Artaud G., Savoir d'expérience et savoir théorique: pour une méthodologie de l'enseignement basée sur l'ouverture à l'expérience. Revue des sciences de l'éducation, 7, 1, hiver 1981, pp. 135-151.

Ausubel D.P., Novak J.D., and Hanesian H., Educational Psychology-A cognitive View. 2nd edition, New-York, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1978, 733 p.

Ausubel D.P., The Transition from Concrete to Abstract Cognitive Functioning: Theoritical Issues and Implications. Journal of Research in Science Teaching, 2, 1964, pp. 261-266.

Avanzini G., Immobilisme et novation dans l'éducation scolaire. Toulouse, Privat, 1975, 318 p.

Battro A., Dictionnaire d'épistémologie génétique. Paris, P.U.F., 1966, 188 p.

Bauman R.P., Applicability of Piagetian Theory to College Teaching. Journal of College Science Teaching, 6, 2, november 1976, pp. 94-96.

Bélizaire J., Études des manifestations d'obstacles épistémologiques chez un groupe d'étudiants de niveau collégial II. Thèse de maîtrise, Université Laval, 1980.

Bond Trevor G., Propositional Logic as a Model for Adolescence Intelligence-Additionnal Considerations. Interchange, 9, 2, 1978-79, pp. 93-100.

Boulanger F.D., Instruction and science learning: a quantitative synthesis. Journal of Research in Science Teaching, 18, 4, 1981, pp. 311-327.

Boulanger F.D., and Kremer K. Barbara. Age and developmental Level as Antecedents of Science Learning. Journal of Research in Science Teaching, 18, 4, 1981, pp. 371-384.

Brainerd C.J., On the Validity of Propositional Logic as a Model for Adolescent Intelligence. Interchange, 7, 1, pp. 40-45.

Brainerd C.J., Response to Bond. Interchange, 9, 2, 1978-79, pp. 98-100.

Bredderman T., The Effects of Training on the Development of the Ability to Control Variables. Journal of Research in Science Teaching, 10, 3, 1973, pp. 189-200.

Cantin L.L. and Herron J.D., "Concrete and Formal Piagetian Stages and Science Concept Attainment". Journal of Research in Science Teaching, 15, 2, 1978, pp. 135-143.

Capie W. and Tobin K.G., Establishing Alternate Measures of Logical Thinking for use in Group Settings. Paper Presented at the annual meeting of the American Psychological Association, Montréal, september 1980.

Case R., Gearing the Demands of Instruction to the Developmental Capacities of the Learner. Review of Educational Research, winter 1975, 45, 1, pp. 59-87.

Chiappetta E.L., "A Review of Piagetian Studies Relevant to Science Instruction at the Secondary and College Level". Science Education, 60, 2, 1976, pp. 253-261.

C.N.R.S.-I.N.R.P., Approche des processus de construction des concepts en sciences, JES II, Paris 1980, 286 p.

Collea F.P. Doris, Development of Reasoning in Science, a Course in Abstract Thinking, in Killian C. Rodney Ed. Reasoning Piaget and Higher Education, Conference proceeding 80, Denver, p. 37.

Dayhaw L.T., Manuel de statistique, 3e édition, Ottawa, Université d'Ottawa, 1966, 548 p.

Desautels J., Le stade formel - Aristote l'avait-il atteint? La Revue Impact, mai 1982, 1, pp. 9-16.

Desautels J., La pensée formelle ou les liens entre le niveau de développement des structures de pensée et le succès académique ainsi que sur la possibilité d'accélérer la maturation de ces structures chez des étudiants de niveau collégial. Rapport de recherche, Collège de Rosemont, juillet 1978.

Dolle J.-M., Pour comprendre Piaget, Toulouse, Privat, 1974, 227 p.

Dulit E., Adolescent Thinking a la Piaget: The Formal stage. Journal of Youth and Adolescent, 1, 1972, pp. 281-301.

Driver R., When is a Stage not a Stage? A Critique of Piaget's Theory of Cognitive Development and its Application to Science Education. Educational Research, 21, 1, november 1978, pp. 54-61.

Ennis R.H., Children's Ability to Handle Piaget's Propositional Logic: A Conceptual Critique. Review of Educational Research, winter 1975, 45, 1, pp. 1-41.

Ennis R.H., "Conceptualization of Children's Logical Competence: Piaget's Propositional Logic and an Alternative Proposal". In L. Siegel and C.J. Brainerd (editors). Alternatives to Piaget. New-York, Academic Press, 1978, pp. 201-260.

Erickson Gaalen L., Children's Conceptions of Heat and Temperature. Science Education, 63, 2, 1979, pp. 211-230.

Fragnière G. et coll., L'éducation créatrice. Fondation européenne de la culture, Amsterdam et Elsevier Sequoia, Bruxelles, 1975, 192 p.

Furth H., An Inventory of Piaget's Developmental Tasks. Washington D.C., Center for Research in Thinking and Language, Department of Psychology, Catholic University, 1970.

Gabel D.L., Piagetian Research as Applied to Teaching Science to Secondary and College Students, in Andersen H.O., Ed., Science Education a Probe for Tomorrow, Viewpoints in teaching and learning, Journal of the School of Education, Indiana University, 55, 1, winter 1979, 110 p.

Giordan A., Une pédagogie de représentations in C.N.R.S. - I.N.R.P. Université de Haute-Normandie, Les démarches scientifiques expérimentales. JES I, 1979, pp. 150-164.

Halbwachs F., A l'aube de la mécanique classique. JES II, Paris, 1980, pp. 35-40.

Halbwachs F. et Bovet M., Le poids et la masse en classe de sixième. Revue française de pédagogie, 53, oct. nov. déc. 1980, pp. 4-18.

Higgins-Trenk A. and Gaite A.J.H., Elusiveness of Formal Operational Thought, Proceedings 79th Annual Convention of the American Psychological Association, 1971, pp. 201-202.

Howe A.C. et Mierzwa J., Promoting the Development of Logical Thinking in the Classroom. Journal of Research in Science Teaching, 1977, 14, pp. 467-472.

Hunter J. et all., Project Soar in Killian C. Rodney, Ed., Reasoning, Piaget and Higher Education, Conference Proceedings 80. Papers presented at the National Conference of Reasoning, Piaget and Higher Education (1st, Denver Co, April 10-11, 1980), p. 16.

Inhelder B., Sinclair Bovet, Learning and The Development of Cognition, Cambridge, Harvard University Press, 1974.

Juraschek W.A., The Performance of Prospective Teachers on Certain Piagetian Tasks, unpublished doctoral dissertation. The University of Texas at Austin, 1974.

Kohlberg L., Moral Stages and Moralization: The Cognitive Developmental Approach. In T. Lickona (Ed.) Moral Development and Behavior: Theory Research, and Social Issues. New-York, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1978, pp. 31-53.

Kubli F., Piaget's Cognitive Psychology and its Consequences for the Teaching of Science. European Journal of Science Education, 1979, 11, 1, pp. 5-20.

Lamb W., The Acquisition of Formal Reasoning Ability via a Neo-piagetian Treatment, in NARST and Eric, Abstract of Presented Papers, NARST, 1981, pp. I02-I03.

Lawson A.E., The Development and Validation of a Classroom Test of Formal Reasoning. Journal of Research in Science Teaching, 15, 1, 1978, pp. 11-24.

Lawson A.E., Teaching Formal Reasoning in a College Biology Course for Preservice Teachers in NARST and Eric, Abstracts of Presented Papers, NARST, 1981, pp. 104-105.

Lawson A.E. et Nordland F.J., Conservation Reasoning Ability and Performance on BSCS Blue Version Examinations. Journal of Research in Science Teaching, 14, 1, 1977, pp. 69-75.

Lawson A.E. and John W. Renner., Relationships of Science Subject Matter and Developmental levels of Learners. Journal of Research in Science Teaching, 12, 4, 1975, pp. 347-358.

Lawson A.E. and Wollman W., Encouraging the Transition from Concrete to Formal Cognitive Functionning - An Experiment. Journal of Research in Science Teaching, 13, 5, 1976, pp. 413-430.

Lazarowitz R., Huppert Y., Developing Creative Thinking Skills in Secondary School Biology Students. The American Biology Teacher, 42, 4, 1980, pp. 226-228.

Lehman J.D., Kahle J.B., Nordland F., Cognitive Development and Creativity: A study in Two High Schools. Science Education, 65, 2, 1981, pp. 197-206.

Levine D.I., Linn C.M., Scientific Reasoning Ability in Adolescence: Theoritical Viewpoint and Educational Implications. Journal of Research in Science Teaching, 14, 4, 1977, pp. 371-384.

Long B., McCrary K., Ackerman S., Adult Cognition: Piagetian Based Research Findings. Adult Education, 30, 1, fall 1979, pp. 3-18.

Lovell K.A., Follow-up Study of Inhelder and Piaget's The Growth of Logical Thinking. British Journal of Psychology, 52, 1961, pp. 143-154.

Lovell K.A., Psycho-pédagogie des enfants. Delachaux et Niestlé 1967, 332 p.

Mallouk M.A., Différence dans les manifestations des obstacles épistémologiques chez des sujets de sexes différents. Thèse de maîtrise, Université Laval, 1981.

Marek E.A., Correlations among Cognitive Development, Intelligence Quotient, and Achievement of High School Biology Students. Journal of Research in Science Teaching, 18, 1, 1981, pp. 9-14.

Martinand J.L., Niveaux de formulation conceptuels et champs empiriques de références, exemple de la notion d'élément chimique, JES II, Paris 1980, pp. 21-34.

McKinnon J.W. and Renner J., "Are Colleges Concerned with Intellectual Development?" American Journal of Physics, 39, 1971, pp. 1047-1052.

Mirza M.S., A Study of Cognitive Structure Among Adults: Piaget's Formal Operations Stage. Unpublished doctoral dissertation, University of Georgia, Athens, 1975.

Noelting G., Stadex collectif Québec: Université Laval, département de psychologie, série de dix épreuves de développement cognitif, 1973, 81 p.

Novak J.D., A theory of Education. London, Cornell University, 1977, 295 p.

Novak J.D., An Alternative to Piagetian Psychology of Science and Mathematics Education. Science Education, 61, 4, 1977, pp. 453-477.

OCDE, Inventaires piagétiens. Les expériences de Piaget. Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement, OCDE, 1977, 119 p.

Padilla M., Cognitive Development and Science Instruction. Review of Some Recent Research Findings. Paper presented at the annual meeting of the National Science Teachers Association Atlanta, Georgia, March 1979, 14 p.

Pagès M., Préface. In C.R. Rogers, Le développement de la personne, Paris, Dunod, 1960, pp. VII à XIV.

Papilia D.E., The States of Several Conservation Abilities Across the Life Span. Human Development, 15, 1975, pp. 229-243.

Pascual-Leone J., Cognitive Development and Cognitive Style. Unpublished doctoral dissertation, University of Geneva, 1969.

Peeters-Mendès Da Costa, L'apprentissage de la méthode expérimentale par la biologie. JES II, Paris, 1980, pp. 269-274.

Piaget J., Fondements scientifiques pour l'éducation de demain. Education et développement, 2, janvier 1973, pp. 6-22.

Piaget J., Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood. Human Development, 15, 1972, pp. 1-12.

Piaget J., Introduction à l'épistémologie génétique. Tome 1. La pensée mathématique. Paris, P.U.F. 1973, 349 p.

Piaget J., Le jugement moral chez l'enfant. Paris, P.U.F., 1957, 334 p.

Piaget J., La naissance de l'intelligence chez l'enfant. Neuchatel, Delachaux et Niestlé, 1963, 370 p.

Piaget J., Où va l'éducation. Paris, Unesco, 1972, 133 p.

Piaget J., Piaget's Theory, in P.H. Mussen (Editor). Carmichael's Manual of Child Psychology, 3rd edition, New-York: John Wiley, 1970, pp. 703-732.

Piaget J., Problèmes de psychologie génétique. Paris, Denoël, Gonthier. 1972, 174 p.

Piaget J., Le psychologie de l'intelligence. Paris, Armand Colin;, 1964, 212 p.

Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, 2e édition, 314 p.

Piaget J., Inhelder B., Le développement des quantités chez l'enfant. Neuchatel, Delachaux et Niestlé. 1962, 344 p.

Piaget J., Inhelder B., La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F., 1968, 126 p.

Perez B., L'enfant de trois à sept ans. Paris, Alcan, 1886.

Perry W.G., Jr., Forms of Intellectual and Ethical Development in the College Years: A Scheme, Holt, Rinehart and Winston Inc, New-York, 1970.

Preyer W., L'âme de l'enfant. Paris, Alcan, 1887.

Renner J.W. and Darrel G., Piaget's Developmental Model: A Basis for Research in Science Education. School Science and Mathematics, LXXX, 3, whole 701, march 1980, pp. 193-198.

Rogers C.R., Le développement de la personne. Paris, Dunod, 1966, 283 p.

Rogers C.R., Liberté pour apprendre. Paris, Dunod, 1973, 364 p.

Schaefer G. and Kattman A., "IPN unit bank biology A new type of Biology Curriculum: Journal of Biological Education, 10, 5, 1976, pp. 242-248.

Shayer M., Adey P. and Wylam H., Group tests of Cognitive Development. Ideals and a Realization. Journal of Research in Science Teaching, 18, 2, 1981, pp. 157-168.

Shayer M. and Wylam H., The Distribution of Piagetian Stages of Thinking in British Middle and Secondary School Children: 14-16 Year-Olds and Sex Differential, British Journal of Educational Psychology, 48, 1978, pp. 62-70.

Schools Council, Progress in Learning Science. London, Schools Council. Information section.

Sere M.G., Apprentissage en situation de classe de la notion de pression de l'air en sixième et en cinquième. JES II, Paris, 1980, pp. 107-120.

Siegler R.S. et Simon E., Stages in Children's Understanding of the Balance Scale Problem. Unpublished manuscripts. Carnegie Mellon University, 1975.

Siegler R.S. and Atlas M., "Acquisition of Formal Scientific Reasoning by 10 and 13 Years-Olds: Detectiong Interactive Patterns in Data" Journal of Educational Psychology, 68, 3, 1976, pp. 360-370.

Stein M.I., Stimulating Creativity, New-York, Academic Press, 1974, 15, 1, 348 p.

Ste-Marie L., Rapport final. Évaluation de l'enseignement des sciences au secondaire en fonction des objectifs généraux et particuliers de cet enseignement. Université de Montréal, septembre 1980, 217 p.

Tellier J., Développement intellectuel et apprentissage au niveau collégial. Cegep St-Jérôme, mai 1979.

Téolindo G., Influence des manuels utilisés dans l'enseignement de la physique, sur l'acquisition des habilités liées à l'aspect "créatif" de la méthode scientifique. Thèse de doctorat, Université de Montréal, août 1978.

Tiberghien A., Un exemple de restructuration de l'organisation conceptuelle à l'occasion d'un enseignement concernant la notion de chaleur. JES II, Paris, 1980, pp. 131-139.

Torkia-Lagacé M., La pensée formelle chez les étudiants de Collège I: objectif ou réalité?. Rapport final, cegep de Limoilou, 1981, 164 p. Bibliographie et annexe.

Torrance P.E., A Three Stage Model for Teaching for Creative Thinking. In Lawson A.E. (Ed.) The psychology of teaching for Thinking and Creativity. U.S.A. Ohio State University, AETS Yearbook 1980, pp. 226-253.

Unesco, Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences. Paris, Organisation des Nations-Unies pour l'éducation, la science et la culture, 1981, 217 p.

Warrick C.M., Piaget: An agenda, not an Answer for the 80s in Killian C. Rodney Ed. Reasoning, Piaget and Higher Education. Conference Proceedings 80, Denver, 1980, pp. 7-13.

West L.T. and Kellett N.C., The Meaningful Learning of Intellectual skills: An application of Ausubel's Subsumption Theory to the Domain of Intellectual Skills Learning. Science Education 65, 2, 1981, pp. 207-219.

Wollman W., Developmental Implications of Science Teaching: Early Adolescence. Eric Information Analyses Center for Science Mathematics and Environmental Education, Columbus, Ohio: National Association for Research in Science Teaching, National Inst. of Education (DHEW), Washington, D.C. 1978, 134 p.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Avant-propos Introduction	1
I. ASPECTS THÉORIQUES	6
A. La théorie de Piaget sur le développement intellectuel	6
a. Brève description	6
b. Implications relatives à l'enseignement des sciences, dégagées par divers auteurs	19
1. Piaget	19
2. Wollman	21
3. Renner	23
4. Bauman	25
5. Kubli	25
B. Les néo-piagétiens	28
1. Pascual-Leone et Case	29
2. Siegler	30
3. Perry	31
C. Quelques critiques relatives à la théorie de Piaget	33
D. Ausubel et Novak	40
E. Brève comparaison de certains aspects des théories d'Ausubel et de Piaget	46
F. Le développement de l'affectivité et de la créativité	50
II. ASPECTS PRATIQUES	56
A. Niveaux de développement	57
a. A l'école secondaire et au collège	57
b. A l'âge adulte	62
c. Un cinquième stade?	63

Pages

B. Tests et diagnostic 65

a. Considérations générales sur les tests s'inspirant de Piaget 65

b. Un exemple 67

c. Conseils relatifs au diagnostic, tirés du Guide de l'Unesco 69

C. Niveaux de développement et résultats en sciences 71

D. Acquisition de concepts, techniques d'enseignement et programmes d'éducation scientifique 76

Conclusion 84

Annexe 92

Bibliographie 97